



Genetic parameters and breeding value stability estimated from a joint evaluation of purebred and crossbred sows for litter weight at weaning

H. Nagyné Kiszlinger, J. Farkas, Gy. Kövér, N. T. Nguyen, I. Nagy

Kaposvár University, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ABSTRACT

Authors analysed genetic parameters and breeding value stability in Hungarian Large White (HLW), Hungarian Landrace (HL) pigs and their reciprocal cross (F_1) for litter weight at weaning adjusted to 28 days of age. Data was collected by the legal predecessor of the National Food Chain Safety Office between 2001 and 2010. Data preparation was carried out using SAS 9.1.3 software. The litter weight records of the purebred and crossbred pigs were considered as separate traits. Genetic parameters were estimated by REML method using the VCE 6 software applying two-trait repeatability model. The total number of animal in the pedigree was 138 969. Heritability estimates were low for each breed and the cross. Corresponding values are 0.13 (0.004), 0.10 (0.004) and 0.13 (0.003) and 0.12 (0.002) for HLW, HL and F_1 from the two datasets, respectively. Magnitudes of permanent environmental effect were 0.008 for HLW and <0.001 for HL and F_1 . Genetic correlations between purebred and crossbred performances were 0.23 (0.04) from the dataset HLW- F_1 , and 0.03 (0.008) from the dataset HL- F_1 . Breeding value stability was low regarding both methods. Number of common representatives from rankings of purebred and crossbred breeding value did not reach the 40 from 100 animals in either breed. The differences between average crossbred breeding values reached a maximum value of 3.47 kg in HLW and 3.16 kg in HL.

(Keywords: genetic correlation, purebred breeding value, crossbred breeding value, litter weight)

INTRODUCTION

In pig breeding reproduction traits are crucial for economical piglet production. Traits related to reproduction generally show low heritability which emphasises the importance of the accuracy of selection decisions. According to the current Hungarian Pig Performance Testing Code breeding value estimation for reproductive traits is accomplished using a two trait repeatability model. These two traits are the number of piglets born alive and the litter weight at weaning adjusted to 28 days of age. However, the model does not account for purebred and crossbred performance as different traits; breed of sows is included in the model as fixed effect. Regarding them as separate traits as suggested by Wei and van der Werf (1994), however, reveals that variance components and therefore also genetic parameters are different for purebreds and crossbreds.

The international literature provides predominately purebred heritabilities (*Chen et al.*, 2003, h^2 : 0.07-0.08; *Fernandez et al.*, 2008, h^2 : 0.16; *Ziedina et al.*, 2011, h^2 : 0.17; *Dube et al.*, 2012, h^2 : 0.06). *Chansomboon et al.* (2010) analyzed the data obtained on Large White Thailand piglets weaned between 26 and 30 days of age, and they obtained much lower value compared to our estimate (h^2 : 0.05). The highest heritability (0.27) was estimated by *Ajayi and Akinokun* (2013) for Nigerian Indigenous pigs, however, without information on the age of weaning. Purebred and crossbred comparison was made by *Nakavisut et al.* (2005) who investigated litter weight at 3 weeks of age separately for purebreds and a three-way cross, and obtained corresponding heritabilities of 0.10 and 0.13, respectively. No difference could be shown in the study of *Ehlers et al.* (2005) in this regard (h^2 : 0.15 both for purebreds and crossbreds).

Genetic correlation between purebred and crossbred performance is an indicator that should be taken into account when making selection decisions about parents of the crossbred offspring. If genetic correlation between purebred and crossbred performance is high, change of the sow's position in the ranking based on crossbred breeding value compared to purebred breeding value is not expected to be substantial. On the contrary, if genetic correlation is low to medium, change of sow's position may be remarkable. *Nakavisut et al.* (2005) estimated genetic correlation of 0.33 between purebreds and crossbreds. On the contrary, *Nguyen and Nguyen* (2011) obtained r_{pc} 0.48 and 0.78 for Landrace and reciprocal cross of Yorkshire and Landrace, and for Yorkshire and reciprocal cross of Yorkshire and Landrace, respectively. *Nagyné Kiszlinger et al.* (2013) investigated, relating to this problem, the number of piglets born alive, and estimated genetic correlations of 0.82 and 0.93, but so far no corresponding values regarding litter weight has been estimated for the Hungarian Large White and Landrace population. Thus, aim of present study was to estimate purebred and crossbred genetic parameters and breeding value stability for the trait litter weight at weaning adjusted to 28 days.

MATERIAL AND METHODS

Genetic parameters

The analysis was based on the data collected by the legal predecessor of the National Food Chain Safety Office (NÉBIH) in the course of field test conducted between 2001 and 2010. The analyzed breeds were the Hungarian Large White (HLW), the Hungarian Landrace (HL) and their reciprocal cross (F_1). The purebred and crossbred pigs were kept partly in the same herds. The number of farrowing ranged from 1 to 17. The analyzed trait was litter weight adjusted for 28 days. For the data preparation the SAS (*SAS Institute Inc.*, 2004) software was applied. The data was divided in two datasets. The first dataset contained HLW and F_1 records, the second HL and F_1 records, respectively. The analyzed records of the purebred and crossbred pigs were considered as separate traits, thus the data table contained separate columns for purebred and crossbred performance. Purebred animals, having no performance in crossbred trait, were assigned a zero for crossbred performance, and in return, crossbred animals, having no record for purebred performance, were assigned a zero for purebred performance. Genetic parameters were estimated separately by REML method using the PEST (*Groeneveld*, 1990) (only for data coding) and VCE6 software (*Groeneveld et al.*, 2008) applying two-trait repeatability model. The structure of repeatability model was the following:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W_1 & 0 \\ 0 & W_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} pe_1 \\ pe_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

where y_1 = vector of observations for the purebred litter weight, y_2 = vector of observations for the crossbred litter weight b_1 = vector of fixed effect for the purebred litter weight, b_2 = vector of fixed effect for the crossbred litter weight, a_1 = vector of random animal effects for the purebred litter weight, a_2 = vector of random animal effects for the crossbred litter weight, pe_1 = vector of random effects for the purebred litter weight, pe_2 = vector of random effects for the crossbred litter weight and X_1, X_2, Z_1, Z_2, W_1 and W_2 are incidence matrices relating records of purebred and crossbred litter weight to fixed effects, random animal effects and random permanent environmental effects, respectively. Model information is shown in *Table 1*.

Table 1

Effects considered in the model and their levels

Effect	Type	Levels		Traits	
		1–20 ¹	4–20 ²	lw28–1 ³ /lw28–4 ⁴	lw28–20 ⁵
Number of farrowing	F	17	17	x	x
Herd	F	126	112	x	x
Litter size	C	1	1	x	x
Weaning year-month	F	111	111	x	x
Permanent environment	R	95345	63263	x	x
Animal	A	138969	138969	x	x

¹Hungarian Large White and the cross; ²Hungarian Landrace and the cross; ³litter weight adjusted for 28 days for Hungarian Large White (only in model 1); ⁴ litter weight adjusted for 28 days for Hungarian Landrace (only in model 2); ⁵litter weight adjusted for 28 days for the cross (in both models)

The total number of animals in the pedigree was 138969.

Differences between breeds and cross were tested using GLM procedure of SAS software (SAS Institute Inc., 2004).

Breeding value stability

For estimating breeding value stability, two approaches were applied. In the first approach purebred pigs were ranked based on their purebred, and on their crossbred breeding values separately for every year. From each ranking only the best 100 animals were considered, and the number of pigs being present in both datasets.

In the second approach first purebred pigs were ranked based on their crossbred breeding values, and the best 100 animals were kept. Then pigs were ranked based on their purebred breeding values, and again the highest ranked animals were kept. Crossbred breeding values were assigned to these latter pigs. After calculating the average values of both crossbred rankings across the years, differences between them were calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

Descriptive statistics

Descriptive statistics of the litter weight adjusted for 28 days are shown in *Table 2*. Statistical analysis reveals the superiority of the Hungarian Landrace sows. The large variation coefficient may be caused by in the differences in farm management between herds, and in the variability of the litter size considered as covariant effect in the model. It ranged between 2 and 16 with an average value of 9.

Table 2

Descriptive statistics for litter weight adjusted for 28 days, kg

	<i>N</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>CV%</i>
HLW ¹	164 884	9.3	192.3	77.7 b	14.7	19.6
HL ²	55 238	17.6	151.3	75.6 a	12.8	16.9
F ₁	161 154	11.7	169.7	75.5 a	13.6	15.1

¹Hungarian Large White; ²Hungarian Landrace, Means with different letters are significantly different, $p < 0.05$.

Heritability, permanent environmental effect and genetic correlations

The heritability of traits relating to reproduction is generally low. Accordingly, our estimates for each breed and cross are in the lower range (*Table 3*). Our findings are in rough accordance with those found in the literature, although other authors mostly referred to 21 days litter weight (*Chen et al.*, 2003; *Fernandez et al.*, 2008; *Ziedina et al.*, 2011; *Dube et al.*, 2012). Regarding age at weaning, the analysis of *Chansomboon et al.* (2010) is closer to ours and they obtained much lower value compared to our estimate.

No substantial differences were found between the estimates of purebred and crossbred animals similar to the results of *Nakavisut et al.* (2005) and *Ehlers et al.* (2005).

For permanent environmental effect (variation accounted for PE) (*table 3.*) we estimated negligible values across all three genotypes suggesting its low significance for litter weight. *Ehlers et al.* (2005) reported similar estimates both for purebred (<0.001) and crossbred pigs (0.002). *Fernandez et al.* (2008) obtained one order of magnitude greater value (0.02).

Genetic correlations between purebred and crossbred performances (*Table 3.*) proved to be low from each dataset. Difference between our estimates, however, is surprisingly high. It could probably be explained by the phenomenon that Hungarian Large White pigs contribute more to the litter weight performance. Unfortunately there is little information in the literature in this regard. Both *Nakavisut et al.* (2005) and *Nguyen and Nguyen* (2011) estimated higher values for this trait. Low genetic correlations suggest that purebred and crossbred litter weight performances are different traits.

Table 3

Heritability (h^2), permanent environmental effect for litter weight adjusted to 28 days (pe) and genetic correlations between purebred and crossbred performance (r_{pc}) with standard errors in brackets

	HLW^1	HL^2	F_1	$HLW-F_1$	$HL-F_1$
h^2	0.13 (0.004)	0.10 (0.004)	0.13 (0.003)* 0.12 (0.002)**		
r_{pc}				0.23 (0.04)	0.03 (0.008)
pe	0.008 (0.003)	<0.001 (<0.001)	<0.001 (<0.001) * <0.001 (<0.001) **		

¹Hungarian Large White; ²Hungarian Landrace

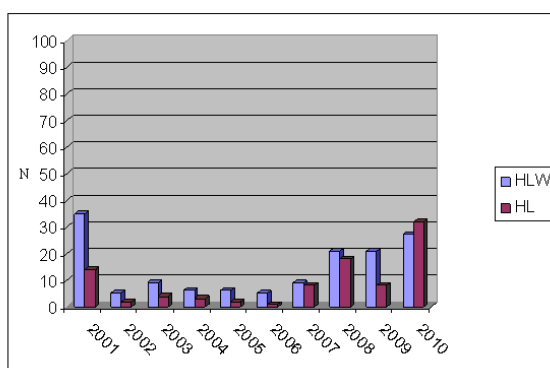
*from dataset HLW- F_1 , **from dataset HL- F_1

Breeding value stability

Breeding value stability roughly follows the genetic correlation between purebred and crossbred performances, and this is confirmed in present study. Numbers of common representatives from the two rankings (*Figure 1*) were low for all the years analyzed. Our overall estimate is higher for Hungarian Large White pigs as it was that for genetic correlation for this breed. To our best understanding there is no adequate result in the literature to compare our findings to. Low values mean that pigs ranked on the top based on purebred breeding values may be inferior based on crossbred breeding values, thus selection decision would be more appropriate considering both purebred and crossbred breeding values.

Figure 1

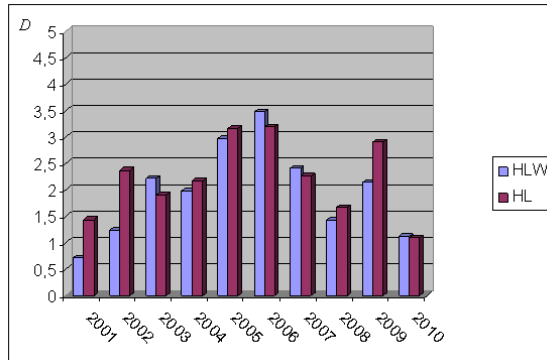
Numbers (N) of common representatives of the highest ranked purebred sows from purebred and crossbred ranking across the years expressing the breeding value stability



The results of the second approach of evaluating breeding value stability are shown in *Figure 2*.

Figure 2

Differences (D) between the average crossbred breeding values of the highest ranked purebred sows across the years expressing the breeding value stability, kg



Similar to the previous method it is an indirect way to show the strength of association between the purebred and the crossbred performance. The lower the difference between the averages of the crossbred breeding values from the two rankings the closer are purebred and crossbred performances to one another. Both *Figure 1* and *Figure 2* prove the weak association between purebred and crossbred performances with a lower breeding value stability in the middle years of the analyzed period of time.

CONCLUSIONS

The low genetic correlations and estimates for breeding value stability for litter weight adjusted to 28 days of age reveal that purebred and crossbred performance should be treated as separate traits. If the aim of breeding is to produce only purebred piglets, it is enough to consider purebred information, however, for producing crossbred piglets, both purebred and crossbred information should be taken into account when selecting the parents of the next generation. As reproduction traits are difficult to improve exploitation of crossbred breeding value would be useful.

REFERENCES

- Ajayi, B.A., Akinokun, J.A. (2013). Evaluation of some litter traits and heritability estimates of Nigerian Indigenous pigs. *IJAAR*, 9. 113-119.
- Chansomboon, C., Elzo, M.A., Suwanasopee, T., Koonawootrittriron, S. (2010). Estimation of genetic parameters and trends for weaning-to-first service interval and litter traits in a commercial Landrace-Large White Swine population in northern Thailand. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 23. 543-555.
- Chen, P., Baas, T.J., Mabry, J.W., Koehler, K.J., Dekkers, J.C.M. (2003). Genetic parameters and trends for litter traits in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire and Landrace pigs. *J. Anim. Sci.*, 81. 46-53.
- Dube, B., Sendros, D., Mulugeta, D., Dzama, K. (2012). Estimation of genetic and phenotypic parameters for sow productivity traits in South African Large White pigs. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 42. 389-397.

- Ehlers, M.J., Mabry, J.W., Bertrand, J.K., Stalder, K.J. (2005). Variance components and heritabilities for sow productivity traits estimated from purebred versus crossbred sows. *J. Anim. Breed. Genet.*, 122. 318-324.
- Fernandez, A., Rodriganez, J., Zuzuarregui, J., Rodriguez, M.C., Silio, L. (2008). Genetic parameters for litter size and weight at different parities in Iberian pigs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6.
- Groeneveld, E. (1991). PEST Users' Manual. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour Federal Research Centre, Neustadt, Germany. 1-80.
- Groeneveld, E., Kovac, M., Mielenz, N. (2008). VCE User's Guide and Reference Manual. Version 6.0. Institute of Farm Animal Genetics, Neustadt, Germany. 1-125.
- Nagyné Kiszlinger, H., Farkas, J., Kövér, Gy., Nagy, I. (2013). Selection for reproduction traits in Hungarian pig breeding in a two-way cross. *Animal Science Papers And Reports.*, 31. 315-322.
- Nakavisut, S., Crump, R., Suarez, M., Graser, H.U. (2005). Genetic correlations between the performance of purebred and crossbred pigs. *Proc. Assoc. Advmt. Breed. Genet.*, 16. 99-102.
- Nguyen, H.T., Nguyen, T.V. (2011). Combined genetic evaluation of purebreds and crossbreds in Yorkshire and Landrace pigs. *Vietnam Journal of Agriculture & Rural Development*, 170. 71-77.
- SAS Institute Inc. (2004). SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC, USA.
- Wie, M., van der Werf (1994). Maximizing genetic response using both purebred and crossbred information. *Anim. Prod.*, 59. 401-413.
- Ziedina, I., Jonkus, D., Paura, L. (2011). Genetic and phenotypic parameters for reproduction traits of Landrace sows in Latvia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 76. 219-222.

Corresponding author (*levelezési cím*):

Nagyné Kiszlinger Henrietta

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
H-7401 Kaposvár, Guba S. u. 40.

Tel.: 36-82-505-800

e-mail: kiszlinger.henrietta@ke.hu



Post mortem examination of submandibular lymph node in wild boars (*Sus scrofa*) as a beneficial part of bovine tuberculosis surveillance systems

A. Csivincsik¹, Z. Rónai², G. Nagy¹

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

²National Food-chain Safety Office, Veterinary Diagnostic Directorate, H-1143 Budapest, Tábornok u 2.

ABSTRACT

In Europe the wild boar proved to be the most important reservoir of bovine tuberculosis (bTB) with visible lesions regularly in the submandibular lymph nodes. Based on these facts authors hypothesized that submandibular lymph node of the wild boar can be a good target for screening of bTB endemics. Samples were collected during evisceration of 833 carcasses between 2010 and 2014. The post-mortem examination of submandibular lymph nodes were compared with culture result of the whole lymph node set of each animal. Sensitivity and specificity proved to be 89.7% and 72.9% respectively, which suggests that surveillance based on post-mortem examination of the submandibular lymph node of wild boars could be an effective tool in disease management.

(Keywords: cost-effectiveness; reservoir; screening; wildlife)

INTRODUCTION

The main impediment of the struggle against bovine tuberculosis (bTB) is the existence of wildlife reservoir (*Fitzgerald and Kaneene, 2012; Naranjo et al., 2008*). In Europe bTB is caused by two zoonotic agents *M. bovis* and *M. caprae* (*Aranaz et al., 2003; Varga and Tekes, 2007*). It is confirmed that without an appropriate surveillance system disease management can't be successful (*Hadorn and Stärk, 2008*). In the course of surveillance planning it is essential to select the most eligible target species. In this point of view scavenger species, that act as bio-accumulators of infectious agents, can come into question (*VerCauteren et al., 2008*).

Within certain regions of Europe one of the most important bTB reservoir species is the wild boar (*Fitzgerald and Kaneene, 2012; Naranjo et al., 2008*); however, elsewhere wild boars and feral pigs proved to be spill-over hosts and good sentinels of the disease (*Nugent et al., 2002*). These species are omnivorous and very frequently consume carrions. By scavenging, wild boars can get infections; hereby bTB as well. The most frequently affected organs are the submandibular lymph nodes (*Fitzgerald and Kaneene, 2012; Naranjo et al., 2008*); moreover, severe disease proved to be rare in most wild boar habitats. Susceptibility, presence of visible lesions, but absence of notable mortality render suids adequate sentinels of the disease (*Nugent et al., 2002*). By these experiences we hypothesized that screening by post-mortem examination of submandibular lymph node can yield valuable data to estimate the true prevalence of bTB in wild boar populations.

MATERIAL AND METHOD

Our study was carried out on six separate sites of Somogy County, in Hungary 2010-2014. One of these sites is a bTB hot spot where four cattle farm outbreaks, caused by *Mycobacterium caprae*, were detected during the previous 10 years; while on the others *M. caprae* could be detected sporadically only in wildlife (Jánosi *et al.*, 2009).

Samples, which contained the submandibular, retropharyngeal, tracheobronchial, mediastinal, hepatic, mesenterial and caecal lymph nodes; moreover, every other organs with suspect bTB lesions were collected during drive hunting when boars were shot randomly without any special selection for age, gender or health status. We evaluated every purulent, caseous or calcification process as suspect bTB lesion. If this was detected in the submandibular lymph node we qualified the specimen as 'positive by post-mortem examination'.

The whole lymph node set was submitted to bacterial culture, irrespectively to the result of post-mortem examination. Samples of each carcass were pooled, homogenized and decontaminated in 5% oxalic acid solution for 15 min; then centrifuged at 3000 g for 10 min. The sediment was re-suspended in 2 mL sterile phosphate buffered saline and inoculated into Middlebrook broth and onto Herrold's, Lowenstein-Jensen and pyruvate supplemented Lowenstein-Jensen slants; which were incubated for at least 8 weeks at 37 °C and checked for contamination and mycobacterial growth weekly, while Middlebrook broth was checked by Ziehl-Neelsen (Z-N) staining every month. All isolates were stained by Z-N and tested in a multiplex amplification system described by Wilton and Cousins (1992).

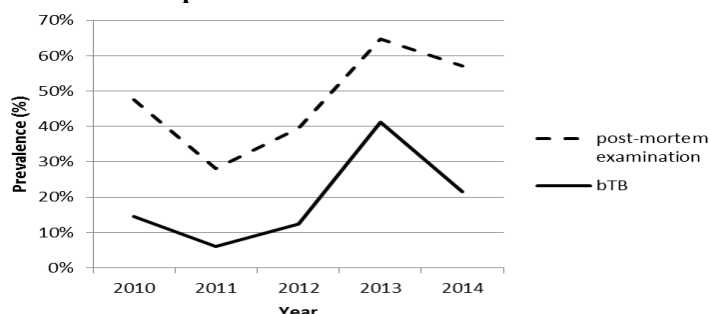
Mycobacterium Tuberculosis Complex (MTC) isolates were further tested with GenoType MTBC kit (Hain Lifesciences, Nehren, Germany) according to the manufacturer's instructions, which permits the genetic differentiation of *M. africanum*, *M. bovis* BCG, *M. bovis*, *M. caprae*, *M. microti* and *M. tuberculosis*/'*M. canettii*' strains on the basis of gyrase B gene polymorphisms. In all cases when *M. caprae* bacteria were isolated we qualified the individual as 'bTB positive'.

The post-mortem examination of the submandibular lymph nodes was compared with culture result of the whole lymph node set by Win Episcopo 2.0 (Thrusfield *et al.*, 2001); while true prevalence of *M. caprae* infection was calculated by Sterne's exact method (Lang and Reiczigel, 2014; Reiczigel, 2003). The correlation between the prevalence of positives by post-mortem examination and culture was determined by analysing annual data collected on the bTB hot spot; where both positive and negative samples were available in an adequate count. For calculation of correlation we used R-statistics software version 3.2.1.

RESULTS AND DISCUSSION

The investigation of 833 wild boar carcasses resulted a strong correlation ($r=0.91$, $P=0.03$) between the prevalence of visible lesions of submandibular lymph node and bTB infection (Figure 1).

Sensitivity (89.7%; CI95%: 81.8–97.5%) and specificity (72.9%; CI95%: 69.8–76.0%) of this surveillance method make it eligible to be a screening component of a surveillance system (Table 1).

Figure 1**Correlation of post-mortem examination and culture results**

Prevalence of positives by post-mortem examination: rate of hosts with suspected tuberculous lesion in the submandibular lymph node; bTB prevalence: rate of hosts from which *Mycobacterium caprae* was isolated

Table 1

Detection of suspect tuberculous lesions and *Mycobacterium caprae* in lymph node samples of wild boars

Origins of samples	Number of wild boars sampled	Number of positives by post-mortem examination (% positive)	Number of false positive samples ^a	Number of false negative samples ^b	True prevalence of <i>M. caprae</i> infection (CI 95%) ^c
Zselic ^d	422	166 (39.3%)	116	5	10.0 – 16.6%
Kelet-Zalai Dombvidék ^e	115	28 (24.4%)	28	0	0.0 – 3.3%
Külső-Somogy ^e	89	22 (24.7%)	22	1	0.1 – 6.0%
Nyugat-Belső-Somogy ^e	78	12 (15.4%)	12	0	0.0 – 4.8%
Kelet-Belső-Somogy ^e	94	28 (29.8%)	26	0	0.4 – 7.3%
Drávasík ^e	35	6 (17.1%)	6	0	0.0 – 9.6%
Total	833	262 (31.5%)	210	6	6.2 – 8.7%

^aSuspected tuberculous visible lesion in the submandibular lymph node without detection of *Mycobacterium caprae* in the lymph node set

^b*M. caprae* was isolated from the host without suspected tuberculous visible lesion in the submandibular lymph node

^cCalculated from apparent prevalence statistically; CI = confidence interval

^dEndemic area

^eSporadically infected areas

Our experiences about the pathology of bTB in wild boars differ from Iberian studies in severity (Naranjo et al., 2008); as during our study we detected only 1–3 generalized cases annually; with the most lesions in submandibular lymph nodes. Nevertheless,

agreement in the involvement of submandibular lymph nodes suggests that our experiences can be applied in any type of wild boar habitats as well.

In Europe wild boar populations are in expansion and thousands of wild boars are hunter-harvested and processed by game meat industry. Carcasses enter the game meat processing plants without viscera but with the head; accordingly with submandibular lymph nodes. These plants should be adequate places for large-scale screening of wild boars by post-mortem examination. Each wild boar carcass must go through meat inspection; thus our method doesn't need additional human resource because game meat inspectors can carry out this screening.

CONCLUSIONS

Although visible lesions cannot determine a specific pathogen unequivocally; we assume that cost-effectiveness compensates the relative inaccuracy. Our experiences suggest that in endemics true prevalence of bTB infection in wild boars can be estimated by post-mortem examination of submandibular lymph nodes; while in merely sporadically infected areas it can be applied to pre-select bacteriology specimens improving the cost-effectiveness of the surveillance system.

Our study highlights the potential zoonotic risk of natural environment; and confirms the great need of regular bTB surveillance inside abundant game populations.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank all the professional hunters of the SEFAG Plc. who took part in this study; and Szilárd Jánosi for his inevitable professional advices.

REFERENCES

- Aranaz, A., Cousins, D., Mateos, A., Domínguez, L. (2003) Elevation of *Mycobacterium tuberculosis* subsp. *caprae* Aranaz et al. 1999 to species rank as *Mycobacterium caprae* comb. nov., sp. nov. *Int. J. Sys. Evol. Microbiol.*, 2003. 53. 1785–1789.
- Fitzgerald, S.D., Kaneene, J.B. (2012) Wildlife reservoirs of bovine tuberculosis worldwide: Hosts, pathology, surveillance, and control. *Vet. Pathol.* 50. 488–499.
- Hadorn, D.C., Stärk, K.D.C. (2008) Evaluation and optimization of surveillance systems for rare and emerging infectious diseases. *Vet. Res.* 39. 57.
- Janosi, S., Ronai, Z., Aranaz, A., Dominguez, L., Romero, B. & Rodriguez-Campos, S. (2009) Relationship between wildlife and bovine TB in Hungary on the evidence of genotyping data. Workshop Proceedings: VNTR/MIRU and DVR-Spoligotyping for *Mycobacterium bovis* typing. Madrid, Spain, February 28th, 2009. p 13
- Lang, Zs., Reiczigel, J. (2014) Confidence limits for prevalence of disease adjusted for estimated sensitivity and specificity. *Prev. Vet. Med.* 113. 13–22.
- Naranjo, V., Gortázar, C., Vicente, J., de la Fuente, J. (2008) Evidence of the role of the European wild boar as a reservoir of *Mycobacterium tuberculosis* complex. *Vet. Microbiol.* 127. 1-9.
- Nugent, G., Whitford, J., Young, N. (2002) Use of released pigs as sentinels for *Mycobacterium bovis*. *Wildl. Dis.* 38. 665–677.
- Reiczigel, J. (2003) Confidence intervals for the binomial parameter: Some new considerations. *Stat. Med.* 22. 611–621.

- Thrusfield, M., Ortega, C., de Blas, I., Noordhuizen, J.P., Frankena, K. (2001) WIN EPISCOPE 2.0 improved epidemiological software for veterinary medicine. Vet. Rec. 148. 567–572.
- Varga, J. and Tekes, L. (2007) Scientific opinion by Veterinary Committee of the Hungarian Scientific Academy on maintaining and verification of freedom from bovine tuberculosis (in Hungarian) Hungarian Vet. J., 2007. 129. 699–700.
- VerCauteren, K.C., Atwood, T.C., DeLiberto, T.J., Smith, H.J., Stevenson, J.S., Thomsen, B.V., Gidlewski, T., Payeur, J. (2008) Sentinel-based surveillance of coyotes to detect bovine tuberculosis, Michigan. Emerg. Infect. Dis. 14. 1862–1869.
- Wilton, S., Cousins, D. (1992) Detection and identification of multiple mycobacterial pathogens by DNA amplification in a single tube. Genome Res. 1. 269–273.

Corresponding author (*levelezési cím*):

Csivincsik Ágnes

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
H-7401 Kaposvár, P.O. Box 16.
Tel.: 36-82-505-800, Fax: 36-82-320-175
e-mail: csivincsik.agnes@ke.hu



Macskatápok vizsgálata preferenciateszttel

¹Éles V., ¹Bázár Gy., ¹Hancz Cs., ²Kövér Gy., ¹Romvári R., ³Hullár I.

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

²Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

³Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar, Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézet, 1078 Budapest, István u. 2.

ÖSSZEFOGLALÁS

A macskatápok – számos tényező által befolyásolt – ízletessége kiemelt fontosságú, azonban összetettsége miatt nehéz pontosan jellemezni ezen meghatározó tulajdonságot. A legelterjedtebb módszer a jelen vizsgálatban is alkalmazott, szabad választáson alapuló preferenciateszt, melynek során az állat dönt arról, hogy mely tápot részesíti előnyben. A szerzők egy 24 hétig tartó etetési kísérlet során mérték az elfogyasztott mennyiséget három különböző gyártótól származó, három eltérő ízesítésű és kereskedelmi árú száraz táp esetében. Az eredmények alapján a márka jelentős mértékben befolyásolta az azonos ízesítésű tápok fogyasztását, az ízesítés hatása azonban nem minden esetben érvényesült adott gyártó termékein belül – az olcsóbb tápok esetében kisebb különbség mutatkozott az egyes ízek fogyasztási arányai között. (Kulcsszavak: macska, preferencia, takarmány, ízletesség)

ABSTRACT

Examination of cat foods with preference test

V. Éles¹, Gy. Bázár¹, Cs. Hancz¹, Gy. Kövér², R. Romvári¹, I. Hullár³

¹Kaposvári University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

²Kaposvári University, Faculty of Economic Sciences, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

³Szent István University, Faculty of Veterinary Sciences, Institute for Animal Breeding, Nutrition and Laboratory Animal Science, H-1078 Budapest, István u. 2.

The flavor of cat foods influenced by several factors is substantial. However, it is complicated to characterize this important property perfectly because of its complexity. The most frequently applied method is the preference test, also used in the present study, when the investigated cat can decide freely on choosing the various foods.

Authors were measuring the intake of commercial foods with several flavors, distributed by three different producers, in a 24-week feeding experiment. According to the results, the brand considerably influenced the consumption of the foods with same flavor, though the effect of flavor was not always provable within a single brand – in case of the products having lower price, weaker differences were detectable among the consumption data of the different flavors.

(Keywords: cat, preference, pet food, palatability)

BEVEZETÉS

A hosszabb távon is szívesen fogyasztott táp gyártásához megalapozott elméleti és gyakorlati ismeretekre van szükség, mivel az ízletesség az étvágyat és a táplálkozási

viselkedést is befolyásoló tényező. Jelentős továbbá az íz, az illat és a takarmány állaga, valamint összetétele közötti kapcsolatok megértése. Bár az ízletesség a gazdasági haszonállatok és a társállatok esetében is jelentős hatással van a takarmányok kedveltségére, viszonylag kevés számú, kísérleten alapuló irodalmi adat áll rendelkezésre a témában (Nelson és Sanregret, 1997).

Házimacskák vonatkozásában az ízletességet különböző tényezők befolyásolhatják, így a szerkezet, a tápot alkotó szemek alakja és mérete (Dust és mstai, 2005), valamint az előzetesen fogyasztott takarmány. Különböző körülmények között egy ismeretlen, új íz esetében az elutasítás, vagy az előnyben részesítés egyaránt előfordulhat (Bradshaw, 1991). Néhány hétig tartó egyoldalú takarmányozást követően az új táp előnyben részesítését figyelték meg fiatal (Mugford, 1977, Ferrell, 1984) és felnőtt macskák (Hegsted és mtsai, 1956, Thorne, 1982) esetében is. Az anya vemhesség és szoptatás alatti táplálása szintén hatással van az utódok tápválasztására, valamint kiemelt hatása van a kölyökkor első hónapjaiban szerzett tapasztalatoknak, és az ekkor etetett tápoknak (Becques és mtsai, 2010, Hart, 1974, Stasiak, 2001 és 2002).

Az állatok ízérzékelése, ízlése fajfüggő, hiszen a túlélésük szempontjából fontos anyagokra specializálódtak. A háziállatokban ugyan csökkent az ösztönös ízérzékelés jelentősége, ugyanakkor az továbbra is jelentős befolyást gyakorol a táplálékfelvételre. A macskafélék szaglása rendkívül fejlett, míg az ízlelés csak másodlagos szerepet tölt be a táplálékválasztás során. A táplálék fizikai szerkezete és hőmérséklete szintén elsődleges. A macska esetében az arcideg (*nervus facialis*) a leginkább vizsgált terület az ízérzékelés tekintetében. A ragadozó életmódhoz történő alkalmazkodást mutatja, hogy képes érzékelni az édes (L-) és keserű (hidrofób oldalláncú) aminosavakat, a savanyú ízanyagokat, a víz ízét, valamint nátrium- és kálium-kloridot, de a sós íz esetében az érzékenységi küszöb magasabb más, pl. mindenevő fajokhoz képest, illetve a cukrok édes ízének érzékelését nem sikerült kimutatni (Bradshaw és mtsai, 1996).

A macskák gyorsan képesek megtanulni a mérgező, vagy táplálékanyag-tartalmukban kiegyensúlyozatlan táplálékok elkerülését (Rozin, 1976). A vadon élő macskafélék (pl. hiúz, vadmacska) tápláléka alapvetően kisméltoskból áll, ennek megfelelően a házimacska táplálékanyag igényének kielégítéséhez naponta többször, kis adag táplálékot fogyaszt el. Kísérletes módszerrel kimutatták, hogy a macskában van egy olyan mechanizmus, amely lehetővé teszi az energiabevitel szabályozását (Castonguay, 1981, Kane és mtsai, 1981, Thorne, 1982) és ezáltal az optimális testsúly megtartását.

A kedvtelésből tartott kutyák és macskák nagy egyedi különbségeket mutatnak az ízpreferencia tekintetében, megnehezítve ezzel annak mérését. Emiatt a receptúrák kialakítása érdekében a takarmánygyártó cégek rendszerint igen nagyszámú állatot tartanak kísérleti körülmények között (Fekete és Hullár, 2001). Még adott fajtán, korcsoporton, ivaron belül is előfordul, hogy a kísérleti csoportba tartozó egyedek egy része következetesen eltérően reagál az átlaghoz képest (Ferrell, 1984).

A tápgyártók és takarmányfejlesztők különböző vizsgálati módszereket dolgoztak ki a kutyák és macskák táplálkozási szokásainak jobb megértése érdekében. Leggyakrabban az ún. preferenciatessztet alkalmazzák, ami alapulhat az azonnali választás vizsgálatán, vagy az adott idő alatt elfogyasztott tápmennyiség mérésén. Az ízletesség vizsgálatára szolgáló tápválogatási kísérletek laboratóriumban zajlanak, ami költséges és időigényes folyamat, megfelelő kísérleti körülményeket és szakértelmet kíván.

Vizsgálataink célkitűzése az eltérő gyártók által előállított, különböző árkategóriájú és ízesítésű macskatápok preferenciájának vizsgálata során annak megállapítása volt, hogy a macskatáp íze, vagy annak számos egyéb tényező által befolyásolt minősége – ezáltal áttételesen a táp ára – befolyásolja-e nagyobb mértékben annak kedveltségét.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti állatok és tartási körülmények

A Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kara, Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézetének kísérleti állatházában elvégzett vizsgálatot hét, brit rövidszőrű fajtájú, kifejlett, 32–40 hónapos, átlagosan 4,2 kg testtömegű nőstény macskával végeztük. Az egyedi különbségek hatásának mérséklése céljából minden egyes tápot ugyan azokkal az állatokkal teszteltünk. A 100 cm × 100 cm × 80 cm méretű egyedi ketrecekben elhelyezett macskák láthatták egymást, a részkísérletek közé beiktatott köztes időszakokban elhagyhatták az egyedi ketrecek, és szabadon mozoghattak. A kísérleti tartási körülmények mindenben megfeleltek a vonatkozó hazai és intézményi állatvédelmi előírásoknak.

A macskák számára az ivóvíz korlátozás nélkül állt rendelkezésre a kihelyezett itató edényből, valamint az etetés módja is *ad libitum* volt, annak érdekében, hogy az egyes tápokból elfogyasztott mennyiséget ne befolyásolhassa az, hogy a jobban kedvelt táp elfogyása miatt eszik egy másikból.

Az etetőedények helyét naponta cseréltük, hogy megelőzhető legyen egy esetlegesen ehhez és nem a táphoz kötődő preferencia.

Kísérleti tápok

A kísérletben három különböző gyártótól származó, kereskedelmi forgalomban kapható száraz tápot vizsgáltunk. Mivel feltehetően az ár tükrözi az alapanyagok és a gyártás minőségében meglévő különbségeket, a legdrágább „A”-tápot kiválonak, míg az ennél olcsóbb „B” és „C” tápok at átlagosnak tekintettük. Minden gyártótól (márkából) ugyanazt a háromféle ízesítést (csirke, bány és hal), felnőtt macskák számára készített tápot hasonlítottunk össze, azaz összesen kilenc féle tápot vizsgáltunk.

Weendei analízissel (AOAC, 1990) határoztuk meg a tápok táplálóanyag-tartalmát (szárazanyag, nyershamu, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, N-mentes kivonható anyag).

A tápok kémiai és szerkezetvizsgálata

A vizsgált takarmányok Weendei analízisét a Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kara, Élelmiszer- és Mezőgazdasági Termék Minősítő Intézet laboratóriumában végezték (nedvességtartalom: MSZ 6830/3-77; nyershamu-tartalom: MSZ 6830/8-78; nyersfehérje-tartalom: MSZ EN ISO 5983-1; nyerszsírtartalom: MSZ 6830/6-84; nyersrosttartalom: MSZ 6884-3).

Annak vizsgálatára, hogy a takarmányszemek keménysége milyen kapcsolatban áll az adott takarmány preferenciájával, szerkezetvizsgálatokat végeztünk számítógép által vezérelt, ZwickRoell Z005 típusú univerzális szakítógéppel. Rozsdamentes acélból készült, 50 mm magas és 50 mm belső átmérőjű hengerben az adott térfogatú tápot egy rozsdamentes, tömör dugattyú (átmérő: 44 mm, magasság: 12 mm) az eredeti térfogat 80 százalékára tömörítette, amely a tápszemek összeroppanásával járt. A dugattyú eltolási sebessége 50 mm/min volt, mintánként 15 ismétlést végeztünk. A minta térfogatának változásakor testXpert V11.0. szoftverrel folyamatosan regisztráltuk a mérőcellán fellépő erőt. Ezt követően határoztuk meg az egységnyi felületre jutó maximális nyomóerő-értékeket (N/mm²).

Kísérleti elrendezés

A kilenc kísérleti macskatáp (3 gyártó × 3 ízesítés) vizsgálata 12 részkísérletben történt. A kísérletek kialakítása során tekintettel voltunk az egyes gyártók ízesítései között

mutatkozó különbségekre, az azonos ízesítések gyártók szerinti különbségekre, illetve ezen hatások kombinációira. Egy részkísérlet 14 napig tartott, mely során kétszer négy (hétfőtől csütörtökig), azaz nyolc napig mértük az egyes tápokból naponta elfogyasztott mennyiségeket. Az adott részkísérletekben mind a hét macska egyszerre három, meghatározott ízesítésű és márkájú, nyitott tálakban kihelyezett takarmányból választhatott, folyamatosan, *ad libitum*. Az egyes részkísérletek között hét napon keresztül közepes árkategóriába tartozó, marha ízesítésű tápot kaptak a macskák,. Ennek eredményeképpen a különböző kísérleti szakaszok között mindig volt egy köztes, semleges szakasz, amely csökkentette az előzőleg etetett tápok következő tesztben alkalmazott takarmány kombinációk preferenciájára gyakorolt hatását.

A fentieknek megfelelően minden részkísérletből 8–8 nap takarmányfogyasztásának adata állt rendelkezésre az adott 3–3 táp preferencia sorrendjének megállapítására. Az 1. táblázat összefoglalja a vizsgálat kísérleti elrendezését, melynek értelmében minden macskának ugyanannyiszor volt lehetősége találkozni az etetett tápkombinációkkal. A rendelkezésre álló, mintegy 8,5 hónapos teljes kísérleti periódus nem tette lehetővé az összes kombináció vizsgálatát, ám a kísérleti elrendezés eredményeként megfelelő képet kaptunk az egyes tápok többihez viszonyított preferenciájára vonatkozóan.

1. táblázat

Az etetési kísérletek elrendezése

Részkísérlet (1)	gyártó(2)	ízesítés(3)	gyártó(2)	ízesítés(3)	gyártó(2)	ízesítés(3)
1. Preferenciateszt(4)	"A" gyártó	bárány(6)	"A" gyártó	csirke(5)	"A" gyártó	tonhal(7)
2. Preferenciateszt	"B" gyártó	bárány	"B" gyártó	csirke	"B" gyártó	tonhal
3. Preferenciateszt	"C" gyártó	bárány	"C" gyártó	csirke	"C" gyártó	tonhal
4. Preferenciateszt	"A" gyártó	csirke	"B" gyártó	csirke	"C" gyártó	csirke
5. Preferenciateszt	"A" gyártó	bárány	"B" gyártó	bárány	"C" gyártó	bárány
6. Preferenciateszt	"A" gyártó	tonhal	"B" gyártó	tonhal	"C" gyártó	tonhal
7. Preferenciateszt	"A" gyártó	csirke	"B" gyártó	bárány	"C" gyártó	tonhal
8. Preferenciateszt	"A" gyártó	csirke	"B" gyártó	tonhal	"C" gyártó	bárány
9. Preferenciateszt	"A" gyártó	bárány	"B" gyártó	csirke	"C" gyártó	tonhal
10. Preferenciateszt	"A" gyártó	bárány	"B" gyártó	tonhal	"C" gyártó	csirke
11. Preferenciateszt	"A" gyártó	tonhal	"B" gyártó	csirke	"C" gyártó	bárány
12. Preferenciateszt	"A" gyártó	tonhal	"B" gyártó	bárány	"C" gyártó	csirke

Table 1. Design of the feeding experiment

Experiment(1), Producer(2), Flavor(3), Preference test(4), Chicken(5), Lamb(6), Tuna(7)

Statistikai értékelés

A részkísérletek során rögzítettük a kihelyezett és visszamért tápok tömegét, és kiszámoltuk az egyes macskák által naponta elfogyasztott tápok mennyiségét. Az adatokat Microsoft Excel 2010 programban tároltuk és rendszereztük. Kiszámoltuk továbbá az egyes takarmányok napi összefogyasztáshoz viszonyított százalékos arányát is. A kezelések nem függetlenek egymástól, mivel az azonos térben elhelyezett ingerek befolyásolják egymás hatását, valamint ezen hatások keverednek egymással (*Szentesi és*

Jermy, 1999). Mivel az adatok nem mutattak normális eloszlást, és ezt az arkusz szinusz transzformációval sem lehetett elérni, Kruskal-Wallis és Mann-Whitney, nem paraméteres statisztikai próbákat alkalmaztunk a medián értékek közti szignifikáns különbségek kimutatására, IBM SPSS Statistics 20 szoftver segítségével. Az eredmények ábrázolása boxplot ábrákkal történt, feltüntetve a medián és a szórás értékeit. A kiugró értékek elemzése során kizártuk a kétszeres szórástávolságon kívüli adatokat.

Bradshaw és mtsai (2000) adatértékelési módszere alapján létrehoztunk egy adatbázist, melyben a kísérletben szereplő állatok által naponta elfogyasztott tápok arkusz szinusz transzformált százalékos arányait minden macska esetében, rész-kísérletenként rendeztük egymás melletti oszlopokba. Tekintettel arra, hogy minden rész-kísérletben egyszerre három táp közül választottak a macskák, két táp fogyasztási arányainak ismeretében a harmadik adat ezekből következik. Ennek megfelelően az elemzés során egyszerre csak két táp adatait vontuk be egy adott rész-kísérlet esetében. Az így kapott adatokkal főkomponens-analízist futtattunk R-programcsomagban, FactoMineR modullal.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A macskatápok táplálóanyag-összetétele

A 2. táblázat beltartalmi adatai alapján valamennyi táp megfelelt a felnőtt macska szükséges értékeinek (AAFCO, 1991).

2. táblázat

A vizsgált macskatápok mért táplálóanyag-összetétele (%)
(A-táp: kiváló minőségű; B-táp: jó minőségű; C-táp: közepes minőségű;
N-m.k.a.: nitrogén mentes kivonható anyag)

	Szárazanyag (1)	Nyershamu (2)	Nyersfehérje (3)	Nyerszsír (4)	Nyersrost (5)	N-m.k.a. (6)	Nyíróerő (N/mm ²) (7)
A-táp (8)							
Csirke (9)	95,26	5,14	31,62	16,66	0,2	41,64	1,38
Bárány (10)	95,05	5,21	31,89	15,23	0,2	42,52	0,93
Hal (11)	94,4	4,86	30,64	15,05	0,34	43,51	0,98
B-táp (12)							
Csirke (9)	92,91	8,15	34,88	14,55	2,7	39,63	1,12
Bárány (10)	92,28	7,55	29,63	13,69	2,3	39,11	1,09
Hal (11)	92,75	7,44	30,5	15,71	2,3	36,8	1,06
C-táp (13)							
Csirke (9)	92,67	7,65	30,39	11,89	1,4	41,34	1,11
Bárány (10)	93,32	7,58	33,45	12	1,4	38,89	0,90
Hal (11)	93,56	7,91	32,36	11,54	1,4	40,35	1,15

Table 2. The nutrient composition of the examined cat foods (Producer A: high quality; producer B: good quality; producer C: medium quality)

Dry matter (1), Ash (2), Crude protein (3), Ether extract (4), Crude fiber (5), Nitrogen-free extract (6), Shear force (7), Producer A (8), Chicken (9), Lamb (10), Tuna (11), Producer B (12), Producer C (13)

A tápok rosttartalma jelentős különbségeket mutatott a három gyártó esetében. A „B” és „C” táp nagyobb mennyiségű rostot tartalmaz, amely a növényi összetevők, vagy vágóhídi hulladékok nagyobb arányára utal, míg az ár alapján legmagasabb minőségi kategóriába sorolt „A” táp rosttartalma a legkisebb. Mindez az árkategória és a minőség közötti összefüggésre enged következtetni: az alacsonyabb ár biztosítása olcsóbb összetevők használatát teheti szükségessé.

Különböző gyártók és ízesítések közti preferenciakülönbségek

A teljes vizsgálati időtartam (24 hét) alatt elfogyasztott takarmánymennyiség megoszlását mutatja az 1. ábra. Az állatok által legkedveltebb takarmány az „A” gyártó csirkés ízesítésű macskatápjá volt. Ezen táp fogyasztása terén a legkevésbé kedvelt, vagyis a legkisebb mennyiségben fogyasztott „B” táp csirke ízesítéshez képest több, mint háromszoros különbséget tapasztaltunk. Érdekes módon az „A” és „C” gyártó termékei között jól látható különbségek tapasztalhatóak ízesítés alapján, amíg a „B” gyártó esetében a macskák egyik ízt (csirke, bárány, tonhal) sem részesítették előnyben a többivel szemben.

1. ábra

Az egyes takarmányokból a kísérletsorozat során elfogyasztott mennyiségek

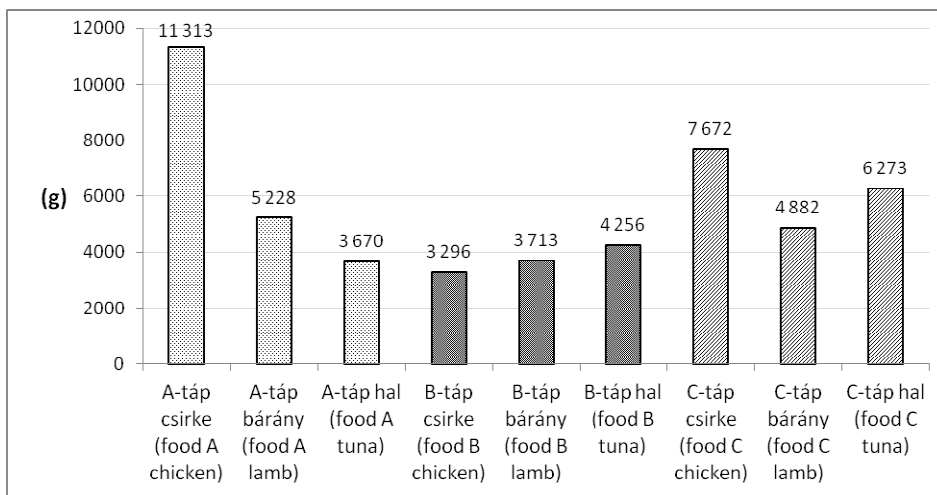


Figure 1. Consumed amounts of each cat food type during the choice tests

A preferenciatesztek időtartama alatt az átlagos takarmányfelvétel közel 75 g/nap volt, mely megfelel más preferenciatesztekben részt vett, kifejlett brit macskák esetében tapasztalt értéknek (Hullár és mtsai, 2001).

A különböző gyártók által előállított, de azonos ízesítésű takarmányok közötti különbségeket a 2. ábra szemlélteti, ahol a csirke ízesítésű tápok esetében (2.a. ábra) a három gyártó termékei közt erős szignifikáns különbséget mutattunk ki a kedveltség tekintetében. Legnagyobb mennyiségben az „A”, majd a „C” és „B” gyártó csirkés ízű tápjából fogyasztottak a macskák. A bárány ízesítésű tápok esetében legkedveltebb az „A” és „C”, kevésbé kedvelt volt a „B” gyártó terméke (2.b. ábra). A tonhalat tartalmazó

tápok közül a „C” gyártó terméke szignifikánsan kedveltebbnek bizonyult az „A” és „B” gyártó tápjához viszonyítva (2.c. ábra).

2. ábra

Csirke (a) bárány (b) és tonhal (c) ízesítésű tápokból elfogyasztott mennyiség (g) különböző gyártók esetén (A-táp: kiváló minőségű; B-táp: jó minőségű; C-táp: közepes minőségű)

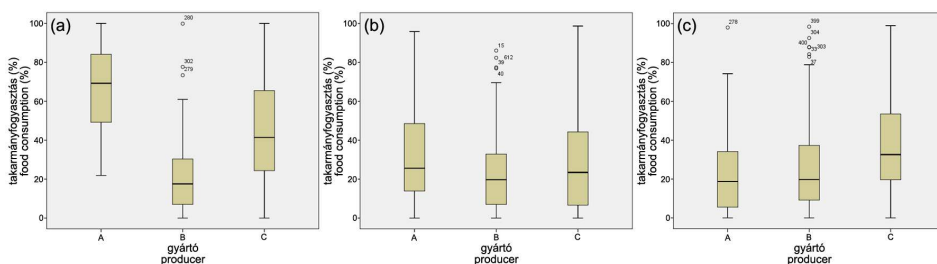


Figure 2. Consumed amounts from chicken (a) lamb (b) and tuna (c) flavored feeds in case of different producers (Producer A: high quality; producer B: good quality; producer C: medium quality)

Az ízesítések közti különbséget a 3. ábra mutatja be, ahol az „A” gyártó mindhárom terméke közt erős szignifikáns különbség látszik (kedveltségi sorrend: csirke, bárány és tonhal; 3.a ábra). A „B” gyártó különböző ízű tápjai között az elfogyasztott mennyiségben nem volt különbség (3.b ábra). Az átlagos („C”) árkatóriájú termékek között statisztikailag igazolhatóan a csirke, tonhal, bárány kedveltségi sorrend volt megállapítható (3.c ábra). A különböző gyártók eltérő ízesítésű tápjai közti fogyasztáskülönbségek szignifikanciaszintjét a 3. táblázat mutatja be.

3. ábra

A-táp (a) B-táp (b) és C-táp (c) csirke, bárány és tonhal ízesítésű termékekből elfogyasztott mennyiség (%)

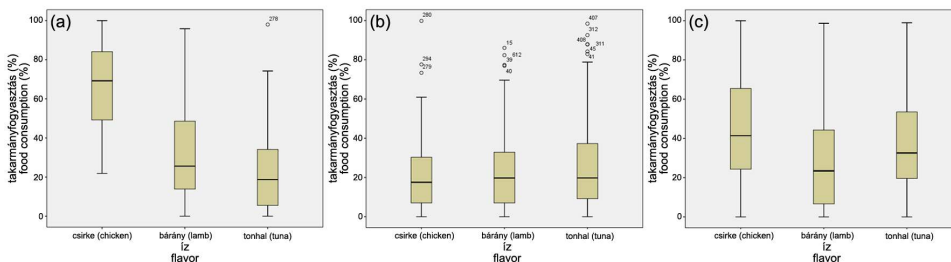


Figure 3. Consumed amounts of the different flavored products (chicken, lamb, tuna) of producer-A (a) producer-B (b) and producer-C (c)

3. táblázat

A különböző gyártók és az eltérő ízesítésű tápok közötti különbségek szignifikanciaszintjei

	<i>A-B táp (1)</i>	<i>B-C táp (2)</i>	<i>A-C táp (3)</i>
csirke (4)	0,000	0,000	0,000
bárány (5)	0,011	0,219	0,395
tonhal (6)	0,508	0,000	0,000
	<i>csirke-bárány (7)</i>	<i>bárány-t.hal (8)</i>	<i>csirke-t.hal (9)</i>
A-táp (10)	0,000	0,018	0,000
B-táp (11)	0,219	0,925	0,156
C-táp (12)	0,000	0,002	0,030

Table 3. Level of the significance of the differences between the consumptions of the cat foods of different producers with different flavors

Producer A-B (1), Producer B-C (2), Producer A-C (3), Chicken (4), Lamb (5), Tuna (6), Chicken-lamb (7), Lamb-tuna (8), Chicken-tuna (9), Producer A (10), Producer B (11), Producer C (12).

Ezt követően – a preferenciatesztek során mért összefogyasztási adatok és a mért táplálóanyag-értékek közötti kapcsolat leírásához – rangkorrelációt számoltunk. Nyersrosttartalom esetén közepes negatív (-0,6) kapcsolatot találtunk, míg a többi változónál (nyersfehérje, nyerszsír) nem sikerült kimutatni számottevő kapcsolatot. Ezek alapján valószínűsíthető, hogy a meglévő táppreferencia nem a táplálóanyag-tartalommal magyarázható.

Az egyedek közti táplálékpreferencia-különbségek vizsgálata

Az állatok közti egyedi különbségek jelentősen befolyásolhatják az elvégzett preferenciatesztek eredményeinek értelmezhetőségét, amennyiben előfordulhatnak a többihez képest eltérően reagáló egyedek is. A jelenség vizsgálata érdekében PCA (főkomponens analízis) ábrákkal elemeztük a kísérletben résztvevő állatok fogyasztási adatait.

Amint az a 4. ábrán látható, a takarmányfelvétel alapján az egyik állat (macska 6) határozottan elkülönült a többitől. Ezt követően megvizsgáltuk, milyen hatással van a 2–3. ábrán korábban bemutatott eredményekre e macska tápfogyasztási adatainak elhagyása. A nem paraméteres statisztikai próbák – szűkített adatbázison történő – ismételt alkalmazása során a gyártók és ízesítések közötti preferencia lényegében azonos maradt, mindössze a „C” gyártó esetén történt változás, amennyiben a csirke és a tonhal ízesítésű táp fogyasztása között már nem volt szignifikáns a különbség. Az eltérő ízesítésű termékek fogyasztása közötti különbségek szignifikanciaszintjeit a 4. táblázat tartalmazza a szűkített adatbázisra vonatkoztatva.

4. ábra

Macskák elkülönítése főkomponens-analízissel a takarmányfogyasztásuk alapján, az egyes főkomponensek (PC) által leírt varianciahányad feltüntetésével

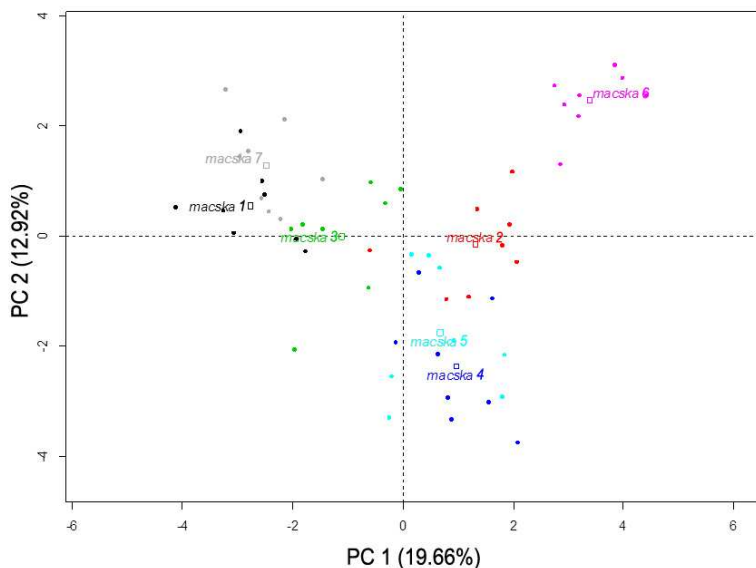


Figure 4. Separation of cats with principal component analysis based on feed consumption, with the indication of the ratios of variance explained by the principal components (PC)

4. táblázat

A tápok közötti különbségek szignifikanciaszintjei a kiugrónak ítélt egyed kihagyásával

	A-B táp (1)	B-C táp (2)	A-C táp (3)
csirke (4)	0,000	0,000	0,000
bárány (5)	0,019	0,475	0,126
tonhal (6)	0,610	0,000	0,000
	csirke-bárány (7)	bárány-t.hal (8)	csirke-t.hal (9)
A-táp (10)	0,000	0,032	0,000
B-táp (11)	0,262	0,919	0,185
C-táp (12)	0,000	0,000	0,610

Table 4. Level of the significance of the differences between cat food consumptions without the outlier individual

Producer A-B (1), Producer B-C (2), Producer A-C (3), Chicken (4), Lamb (5), Tuna (6), Chicken-lamb (7), Lamb-tuna (8), Chicken-tuna (9), Producer A (10), Producer B (11), Producer C (12)

Elkülönülés az eltérő paraméterek alapján

A preferenciatesztben érintett tápok összegzett takarmányfogyasztási adatai, nyersrosttartalmuk, valamint a szerkezeti tulajdonságot jellemző keménységi értékek alapján háromdimenziós ábrát készítettünk (5. ábra). Látható, hogy a keményebb szemű és alacsonyabb nyersrosttartalmú táp fogyasztási aránya kiugró. A vizsgált tápok egyfajta rendeződést mutattak, amennyiben az 5. ábrán látható módon az „A” és a „C” táp, valamint a „B” táp csoportja jól elkülönül egymástól. Ezen csoportba rendeződésen belül a „B” gyártó termékei nem különülnek el érdemben, bár ez a különböző ízesítés alapján elvárható lett volna.

5. ábra

A különböző tápok elkülönülése az eltérő paraméterek alapján

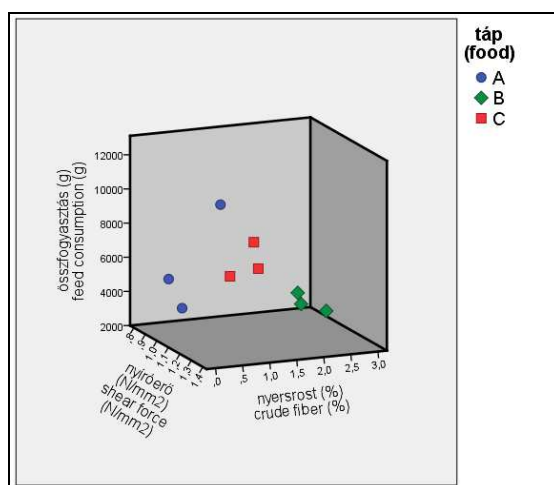


Figure 5. Separation of different cat foods based on the various parameters

KÖVETKEZTETÉSEK

A különböző gyártók által előállított, de azonos ízesítésű termékek közötti eltérés érdemi hatással van az egyes termékek kedveltségére. Adott gyártó különböző ízű termékei között azonban nem minden esetben mutatható ki egyik vagy másik termék előnyben részesítése. Az adott kísérlet fogyasztási adatai alapján, az alkalmazott tápokra vonatkozóan az egyes ízek közötti különbség a magasabb árkategóriát képviselő márka termékei esetében hangsúlyos, míg az alacsonyabb árkategória esetében elenyésző. A takarmányszemek nyersrosttartalma és keménysége összefüggésben áll az adott táp preferencia tesztekben mért fogyasztási arányával. Mindez arra enged következtetni, hogy a különböző tápok preferenciáját a szemek szerkezete és az alkalmazott aromakomponensek együttesen határozzák meg. Az alkalmazott termékekre kapott fogyasztási adatok, illetve a termékek árkategóriái alapján feltételezhető, hogy az adott gyártó tápjainak kedveltségében mutatkozó ízesítés szerinti különbségek mértéke az aromaanyagok minőségével és azok tápszemekre való feljuttatásának technológiájával áll szoros összefüggésben.

További kutatások során a technológiai kritériumokat leíró minőségi jellemzők feltárása szolgálhat bővebb magyarázattal eredményeink értelmezésében. Olyan mérési technológiák, mint a komplex aromaelemzésre alkalmas, elektronikus szenzorokon alapuló elektronikus orr és az elektronikus nyelv, új lehetőségeket nyújtanak a minőségi tulajdonságok nyomon követésére.

A tápválogatási tesztek értékelése során tapasztalt adatelemzési nehézségek, úgymint az adatok nem normális eloszlása és multikollinearitása, valamint az állat és a takarmány interakciójának összetettsége, komplex, többváltozós statisztikai módszertan kidolgozásának igényét vetik fel.

Mindezek alapján további macska táplálékpreferencia vizsgálatokat tervezünk módszertanunkat kiegészítve az aromatulajdonságok elektronikus szenzorokon alapuló jellemzésével.

IRODALOM

- AAFCO (1991). Association of American Feed Control Officials Publication, AAFCO, Inc., Atlanta, GA.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists. Herlich, K. (ed.) Arlington, VA. USA.
- Becques, A., Larose, C., Gouat, P., Serra, J. (2010). Effects of pre- and postnatal olfactogustatory experience on early preferences at birth and dietary selection at weaning in kittens. *Chem. Sens.*, 35. 41-45.
- Bradshaw, J.W.S. (1991). Sensory and experiential factors in the design of foods for domestic dogs and cats. *Proc. Nutr. Soc.*, 50. 99-106.
- Bradshaw, J.W.S., Goodwin, D., Legrand-Defréтин, V., Nott, H.M.R. (1996). Food selection by the domestic cat, an obligate carnivore. *Comp. Biochem. Physiol.*, 3. 205-209.
- Bradshaw, J.W.S., Healey, L.M., Thorne, C.J. (2000). Differences in food preferences between individuals and populations of domestic cats *Felis silvestris catus*. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 68. 257-268.
- Castonguay, T.E. (1981). Dietary dilution and intake in the cat. *Physiol. Behav.*, 27. 547-549.
- Dust, J.M., Grieshop, C.M., Parsons, C.M., Karr-Lilienthal, L.K., Schasteen, C.S., Quigley, III, J.D., Merchen, N.R., Fahey, Jr G.C. (2005). Chemical composition, protein quality, palatability, and digestibility of alternative protein sources for dogs. *J. Anim. Sci.*, 83. 2414-2422.
- Fekete S.Gy., Hullár I. (2001). A kutya- és macskatápok ízletessége és kedveltsége: I. Elméleti alapkutatási eredmények. *Állatorvosi Kamarai Hírek*. 12. 14-17.
- Ferrell F. (1984). Effects of restricted dietary flavor experience before weaning on postweaning food preference in puppies. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 8. 191-198.
- Hart, B.L. (1974). Feline behaviour: Feeding behaviour. *Feline Pract.*, 4. 8.
- Hegsted, D.M., Gershoff, S.N., Lentini, M.S. (1956). The development of palatability tests for cats. *Am. J. Vet. Res.*, 17. 733-737.
- Hullár I., Fekete S., Andrásófszky E., Szűcs Z., Berkényi T. (2001). Factors influencing the food preference of cats. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 85. 205-211.
- Kane, E., Morris, J.G., Rogers, Q.R. (1981). Acceptability and digestibility by adult cats of diets made with various sources and levels of fats. *J. Anim. Sci.*, 53. 1516-1523.
- Mugford, R.A. (1977). External influences on the feeding of carnivores. *The Chemical Senses and Nutrition*. New York: Academic Press. 25-50.

- Nelson, S.L., Sanregret, J.D. (1997). Response of pigs to bitter-tasting compounds. *Chem. Senses.*, 22. 129-132.
- Rozin, P. (1976). The selection of food by rats, humans and other animals. *Adv. Stud. Behav.*, 6. 21-76.
- Stasiak, M. (2001). The effect of early specific feeding on food conditioning in cats. *Dev. Psychobiol.*, 39. 207-215.
- Stasiak, M. (2002). The development of food preferences in cats: the new direction. *Nutr. Neurosci.*, 5. 221-228.
- Szentesi Á., Jermy T. (1999). A preferencia értékelésének problémái. *Állattani Közlemények.* 84. 3-19.
- Thorne C.J. (1982). Feeding behaviour in the cat - recent advances. *J. Small Anim., Pract.* 23. 555-562.

Levelezési cím (*corresponding author*):

Éles Viktória

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

H-7400 Kaposvár Guba S. u. 40.

Tel.: +36-30-378-4390

e-mail: eles@agrilab.hu



Issues of ecological and economical sustainability of fish culture in the southern hydrological basin of lake Balaton

Cs. Hancz¹, Z. Nagy^{1,2}, D. Gál², D. Varga¹

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

²Research Institute for Fisheries and Aquaculture, H-5540 Szarvas, Anna-liget 8.

ABSTRACT

Lake Balaton - as the biggest natural lake in Central Europe - has an extended drainage basin (5180 km²). In the southern part of this basin 235 water bodies can be found, most of them (220) are used as fish ponds while the remaining serve for angling (15) and for water storage (1). The aim of this study was surveying this vulnerable area from the main viewpoints of sustainability. GIS based survey of the area revealed that update of the official database is highly recommended, moreover a significant part of ponds is already covered by macrovegetation. Generally applied semi-intensive pond fish culture is based on use of large quantities of organic matter input (cereal grains and manure) which does not cause environmental pollution during the growing season. Moderate water pollution may occur only in the autumn harvesting time however the almost total use of water sources may negatively influence the water balance of the Lake Balaton. Feeding 2 – 3 t/ha cereals per growing season makes possible to obtain net yields around 600 kg/ha in fish ponds. This form of production is not sustainable for long neither from economic nor from environmental point of views. However one part of fish production serves restocking purposes (common carp and carnivorous species) which is indispensable for the management of Lake Balaton the presence of grass carp, silver carp and bighead carp in the production structure may be interpreted as constant hazard for the ichthyofauna of the lake.

(Keywords: Lake Balaton, fish culture, sustainability, semi-intensive technology)

INTRODUCTION

The concept of sustainable development is an attempt to combine growing concerns about a wide range of environmental issues with socio-economic issues (Hopwood *et al.*, 2005). In other words sustainable development is a process for meeting human development goals while sustaining the ability of natural systems to continue to provide the natural resources and ecosystem services upon which the economy and society depend (IAP, 2000). Sustainability has become one of the most frequent keywords of the last decade in the literature related to aquaculture and with sound reason (Costa-Pierce *et al.*, 2010). Criteria of sustainability and their implementation in European freshwater aquaculture are summarized and thoroughly discussed in SUSTAINAQUA Handbook (Anon., 2009).

During the 20th century plenty of fish ponds have been built on the southern influent streams of Lake Balaton, therefore South-Transdanubia became one of the traditional fish farming centers of Hungary. Fishponds and reservoirs built on the southern influent

streams of Lake Balaton have a complex impact on the environment. Fish production realized on these water bodies possibly influence the water quality of the Lake Balaton but certainly affects directly its fish fauna (*Hancz and Varga, 2014*).

Ruling production system is the so-called semi-intensive technology which is based on additional feeding of cereals and enhancing of natural productivity by fertilization. From the sixties of the last century East-Asian cyprinids (bighead, silver and grass carp) make part of the species structure. This kind of Chinese type of polyculture enabled to duplicate net yields of ponds in Hungary. However introduction of bighead and silver carp to the Lake Balaton proved to be a great mistake because they can't be harvested neither by angling nor by traditional fishing methods.

Heavy organic matter input to ponds raise the question of water pollution. However this is not a real hazard since during the production season (April – September) practically there is no effluent water from fish ponds. On the other hand ponds are “trapping” all influent water that may influence the water balance of the lake. Effluent pond water at autumn harvesting time is rich in nutrients but causes no significant harm considering the relatively small ratio of it (*Körmendi, 2013*).

The main goal of this study was to evaluate the structure and intensity of fish production, surveying ponds and water reservoirs built in the southern basin of Lake Balaton and to evaluate the sustainability of their long-term functioning.

MATERIAL AND METHODS

Firstly creation of a database and GIS based survey of the ponds and other reservoirs have been carried out. Collected data were the number of ponds, type of use, surface and volume of lakes. Identification of ponds (*ddvir.ddvizig.hu*) and the measurements of water surfaces was carried out (*Google Earth Pro 7.0*). Comparison of official (DDVIZIG) and own-made database was also done and evaluated statistically by paired samples t-probe.

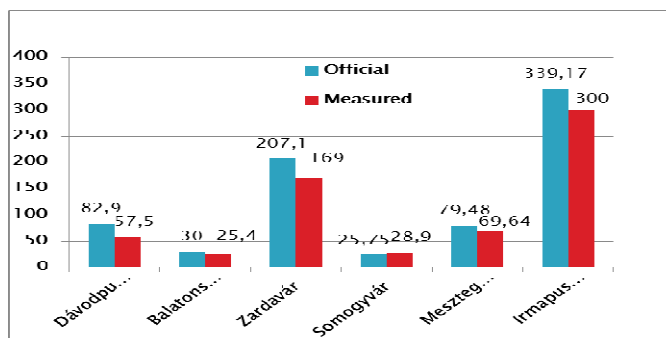
Two large production units were selected for data collection and evaluation of pond managing technology applied: Balaton Fish Management Non-Profit Ltd. (445 ha of fish pond area in 3 units of different size) and Tógazda Ltd. using Marcali reservoir (538 ha). Data of years 2011–2013 were provided by the companies. Both companies apply the above described semi-intensive technology and are situated at close vicinity of the lake.

RESULTS AND DISCUSSION

Geographic surveying of the southern basin of the Lake Balaton revealed that official database of water bodies is far from to be complete. Ponds' areas in the official database are mirroring a decades-old state. According to our measurements carried out on satellite maps open water areas have diminished by 5–20% owing to the increasing reed areas as it can be seen on *Figure 1*. The difference between means of the old and the new data set proved to be significant at $P < 0.05$ level.

Figure 1

Differences in pond areas (ha) between official and newly obtained data in different farm units



This situation can also be observed on a satellite photo (*Figure 2*) showing a typical situation of fish ponds older than 10 years. This discrepancy of officially registered and real pond area may lead to severe problems in planning production operations and also in calculation of subsidies. Stocking herbivorous fish species (grass carp) is a cost-effective way to control macro vegetation, but the presence of alien species in Balaton water system can be considered as a risk factor from ecological point of view.

Figure 2

Satellite photo of fishponds of Irmapuszta, where darker areas mark areas covered by macro-vegetation (Google Earth Pro)



Both companies investigated produced somewhat higher net yields (524–706 kg/ha) in the analyzed two years (2011–2012) than the Hungarian average of 480 kg/ha (*Horváth et al.*, 2011). Balaton Fish Management Non-Profit Ltd. plays an important role in the production of fish (common carp and carnivorous species) for restocking of the Lake Balaton however its practice of pond management aims also maximizing net yields. 1.4

t/ha feed (mainly cereal grains) is used to attain net yields around 600 kg/ha. Pond fertilization is not applied since all fish ponds have already a thick layer of decomposing organic matter which provides more than enough nutrients for the production of natural food along the green and brown food chains (Körmendi, 2013). It is important to mention that the state owned company does not produce silver and bighead carps, only a small amount of grass carp.

Marcali reservoir (538 ha) is managed as a fish pond in the last years, about the intensity of which production data in *Table 1* give an idea.

Table 1

Production data of Marcali reservoir in 2011

<i>Species, Age group Feeding</i>	<i>Stocking (kg)</i>	<i>Harvesting (kg)</i>	<i>Net yield (kg)</i>
C. carp 2 summer old	40 000		
C. carp 3 summer old		112 000	72 000
Grass carp 2 summer old	4 000		
Grass carp 3 summer old		14 000	10 000
Silver carp 2 summer old	60 000		
		210 000	150 000
E. catfish 2 summer old	6 000		
Trash fish		34 000	34 000
Total	110 000	370 000	260 000 (483 kg/ha)
Cereals fed	1 274 000 kg (2.4 t/ha)		
FCR	4.9 kg/kg		

It is clearly seen that this big reservoir is managed like a common fish pond and the relatively high yield is achieved by a typical polyculture and intense feeding. Food conversion ratio (FCR) is not extremely high but 2.4 t/ha/season cereal input means a heavy load of organic matter. Presence of a large quantity of silver carp at the border of Lake Balaton line can certainly be evaluated as risk factor in many respects.

CONCLUSIONS

Based on our findings it can be concluded that:

- Revision of official database of water bodies, especially fishponds and reservoirs in the South-Balaton basin is an urgent task.
- Traditional semi-intensive pond technology targeting high net yields and applying high amount of organic matter inputs seems to be unsustainable for long for both economic and ecological reasons.
- Ecologically important regions like Lake Balaton need special regulation of fish production methods including list of permitted species and intensity of production.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0038 project.

REFERENCES

- Anon. (2009): "SustainAqua – Integrated approach for a sustainable and healthy freshwater aquaculture" (2009). SustainAqua handbook – A handbook for sustainable aquaculture"
http://www.haki.hu/sites/default/files/Sustainaqua/SustainAqua%20handbook_EN.pdf
- Costa-Pierce, B.A., Bartley, D.M., Hasan, M., Yusoff, F., Kaushik, S.J., Rana, K., Lemos, D., Bueno, P. and Yakupitiyage, A. (2011): Responsible use of resources for sustainable aquaculture. *Global Conference of Aquaculture*. Sept. 22-25. 2010. Phuket, Thailand. FAO, Rome, Italy.
- Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság Vízügyi Információs Rendszer
(ddvir.ddvizig.hu:800/ddvir/flex/ddvir.html#)
- Google Earth Pro 7.0 (2013): Google Inc.
- Hancz, Cs., Varga, D. (2014): Fish culture activity in the southern drainage basin of Lake Balaton. Interaction of natural and social processes in shallow lake areas. *International Conference*. Kaposvár, nov. 6-7.
- Hopwood, B., Mellor, M., O'Brien, G. (2005): Sustainable development: mapping different approaches. *Sust. Dev.*, 13. 38-52. doi: 10.1002/sd.244
- Horváth, Z., Horváth, Z., Jr., Hancz, Cs. (2011): A pontyhozamokról – régi számok tükrében. *Halászatfejlesztés*, 33. 19-25.
- IAP The Global Network of Science Academies (2000): Transition to Sustainability in the 21st Century. Tokyo.
- Körmendi, S. (2013): Halastavak hidrobiológiai vizsgálata a Balaton déli vízgyűjtőjén. *Acta Scientiarum Socialium*, 39. 95-111.

Corresponding author (*levelezési cím*):

Csaba Hancz

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary
e-mail: hancz.csaba@ke.hu



A vidra táplálék-összetétele egy természetvédelmi kezelés alatt álló tavon (Csombárd, Somogy megye)

¹Bauer-Haáz É. A., ²Szegvári Z., ¹Széles Lanszki G., ¹Lanszki J.

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet,
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

²Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság, 7625 Pécs, Tettye tér 9.

ÖSSZEFOGLALÁS

A korábban mesterségesen létrehozott, de napjainkban természetvédelmi kezelés alatt álló kisméretű halastavak ökológiai hálózatban betöltött szerepe jelentősebb lehet a méretüknél. A csúcsragadozó, elsősorban hlevő vidra (*Lutra lutra*) táplálkozási szokásai kevésbé ismertek az ilyen adottságú területeken. A vizsgálatunk célja ezért az volt, hogy a vidra táplálkozási szokásait egy természetközeli területen (Csombárdi-tó, DNY Magyarország, 7 ha) feltárjuk. A vidra táplálék-összetételét négy éven át gyűjtött ürülék minták (n=1656) alapján tanulmányoztuk. A vizsgált időszakban a vidra elsődlegesen fontos tápláléka a hal volt (százalékos relatív előfordulási gyakoriság, E: 77,9%; százalékos biomassa számítás szerinti részarány, B: 93,2%), mely zömmel apró méretű (<100 g) halakból állt. Három hal taxon, nevezetesen *Carassius* sp. (döntően ezüstkárász *Carassius gibelio*), naphal (*Lepomis gibbosus*) és sügér (*Perca fluviatilis*) tette ki a táplálék nagy részét. Másodlagos táplálékforrást a kétélűek jelentettek; a madarak és egyéb táplálék típusok fogyasztása elhanyagolható mértékű volt. A vidra opportunista ragadozóként viselkedett, elsősorban a leggyakoribb fajú és méretű halakat zsákmányolta. A fogyasztott halak döntő része (E: 76,1%, B: 79,1%) nem őshonos fajok egyedeiből állt. Az eredmények a vidra, a természetközeli tavak és azok őshonos halfaunájának megőrzésében hasznosulhatnak, valamint megerősítik a mesterségesen létrehozott élőhelyek biodiverzitás megőrzésben betöltött fontos szerepét.

(Kulcsszavak: Eurázsiai vidra, *Lutra lutra*, táplálkozási szokások, nem őshonos halak, táplálék opportunizmus, természetvédelem, halgazdálkodás)

ABSTRACT

Diet of the otter on a pond managed for nature conservation (Csombárd, Somogy county)

É.A. Bauer-Haáz¹, Z. Szegvári², G. Lanszki-Széles¹, J. Lanszki¹

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental Sciences and Nature Conservation, H-7400 Kaposvár, Guba Sándor Str. 40.

²Danube-Drava National Park Directorates, H-7625 Pécs, Tettye Sqr. 9.

*The role of the small-sized artificial fishponds standing nowadays under natural conservation management may be more considerable in the ecological network than their size suggests. Feeding habits of the piscivor, top predator Eurasian otter (*Lutra lutra*) are less known in such habitats. Our study sought to analyze feeding habits of the otter in a near-natural system (Csombárdi pond, SW Hungary, 7 ha). The diet composition of the otter was assessed by the analysis of spraint samples (n=1656)*

collected during four years. Throughout the study period, the main food source of the otter was fish (percentage relative frequency of occurrence, O: 77.9%; percentage estimated biomass consumed, B: 93.2%), composed mainly from small-sized (<100 g) individuals. Three fish taxa formed the bulk of otter diet throughout the year, namely *Carassius* sp., (mainly gibel carp *Carassius gibelio*), pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) and perch (*Perca fluviatilis*). Secondary food resource was amphibians; consumption of birds and other food types was negligible. Otters behaved as opportunistic hunters, preying primarily on the most abundant fish species and size classes. Most of fish eaten (E: 76.1%, B: 79.1%) was non-native. Results may be useful for the conservation of otters, near-natural ponds, and associated native fish communities, furthermore confirm the importance of conserving biodiversity of artificially established habitats.

(Keywords: Eurasian otter, *Lutra lutra*, feeding habits, non-native fish, feeding opportunism, nature conservation, fish management)

BEVEZETÉS

A halastavak száma és területe Magyarországon a XXI. században növekedett (2001: 22.463 ha, 2011: 24.364 ha; *Pintér*, 2002; *Jámborné és Bardócz*, 2012), emellett a természetvédelmi kezelésbe vonttóterület aránya is nőtt az utóbbi évtizedekben. A természetvédelmi kezelés alatt álló tavak puffer vagy menedék területek (pl. egész évben zavartalan élő- és táplálkozó helyek), rajtuk csak halállomány szabályozás folyik. Ezek a természetközeli területek alkalmasak lehetnek a halevő állatok ökológiai szerepkörének és viselkedésének (*Erlinge*, 1967) haltermelő területeken is használható ismeretanyagának bővítéséhez.

Az eurázsiai vidra (*Lutra lutra* Linnaeus, 1758, a továbbiakban: vidra) állománya az 1960-as és 1970-es években Európa számos területén hanyatlott a vizek szennyezése, az élőhelyek átalakítása, részben az orvvadászat következtében (*Mason és Macdonald*, 1986; *Kruuk*, 1995) napjainkban azonban újból terjeszkedik (*Conroy és Chanin*, 2002; *EEA*, 2009), ami halgazdálkodókkal és horgászokkal alkalmanként konfliktusokhoz vezet (*Kranz*, 2000; *Britton és mtsai.*, 2005; *Marques és mtsai.*, 2007). Magyarországon a vidra 1974-ben kapott jogi védelmet, 1982 óta fokozottan védett (*Nechay*, 2005), közösségi jelentőségű (275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet) Natura 2000 jelölő faj. Elterjedése országos, állománya stabil (*Heltai és mtsai.*, 2012).

Bár a vidra táplálkozási szokásait természetközeli édesvízi területeken (pl. *Jedrzejewska és mtsai.*, 2001; *Clavero és mtsai.*, 2003) és nagy produktivitású halgazdaságokban is vizsgálták (*Lanszki és mtsai.*, 2001; *Kloskowski*, 2005; *Marques és mtsai.*, 2007; *Baltrunaite*, 2009), kevésbé ismertek (kivétel pl. *Almeida és mtsai.*, 2012; *Lanszki és Széles*, 2010) a természetközeli, természetvédelmi kezelés alatt álló tavakon élő vidrák táplálkozási szokásai.

A Csombárdi-tavon korábban két rövidebb időszakban (2008–2009 és 2011) végzett vizsgálatunk eredményeit közzétettük (*Szegvári és mtsai.*, 2009; *Bauer-Haáz és mtsai.*, 2014). Ezért a jelen tanulmány célja az összesen négy éves kutatásunk vidra táplálék-összetételre vonatkozó eredményeinek átfogó elemzése volt. Ennek során értékeltük a Csombárdi rét Természetvédelmi Terület taván élő vidra

- évszakos és éves összesített (általános) táplálék-összetételét és táplálkozási niche-szélességét, valamint
- haltáplálékának faj, tömeg, előfordulási régió és honosság szerinti összetételét.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgált terület

A vizsgálatot Dél-nyugat Magyarországon, egy halgazdálkodás alól felhagyott 4 ha-os vízfelületű – csatlakozó vizes élőhelyekkel együtt 7 ha-os – mesterségesen létrehozott tavon végeztük (Csombárdi-tó; 46°26'N, 17°39'E, 147 méter t.sz.f.m.). A terület éghajlata kontinentális, szubmediterrán hatásokkal. Az éves csapadékösszeg kb. 700 mm, melyből több mint 400 mm a vegetációs időszakban hullik (Dövényi, 2010). A tó az 54 ha-os Csombárdi rét Természetvédelmi Területen belül helyezkedik el, melyen rét (*Thymo serpylli-Festucetum pseudovinae*; kb. 50%), vízfelület és kapcsolódó vizes élőhelyek (*Succiso-Molinietum hungaricae*, *Phragmition australis*, *Magnocaricion elatae*; kb. 20%), továbbá mocsárrét (*Cirsio cani-Festucetum pratensis*, *Carici vulpinae-Alopecuretum pratensis*), spontán beerdősülő rét és degradált terület található (kb. 10–10–10%). A mocsár-jellegű tó felületének kétharmadát borította növényzet (főként széleslevelű gyékény *Typha latifolia*, részben nád *Phragmites australis*); a víz alá merülő hínárnövényzet (*Potametea*) sűrű volt. A tó átlagos vízmélysége 1 m (tél) és 1,5 m (június) között változott. Az utolsó lehalászás 2008 májusában történt. A fogott mennyiség kb. 800 kg hal volt, melyben mennyiségét tekintve a razbóra (*Pseudorasbora parva*), a fekete törpeharcsa (*Ameiurus melas*) és az ezüstkárász (*Carassius gibelio*) dominált (Szegevári és mtsai., 2009). A lehalászást követően azonnali árasztás történt. 2008 óta a terület kezelője a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság; a halgazdálkodást természetvédelmi szempontok szabják meg. A területen a vidra jelenléte rendszeres volt, amit használt vidra kotorék és kölyöknevelés is bizonyított.

Mintavétel és feldolgozás

A vidra táplálék-összetételének meghatározása 2008 márciusa és 2012 januárja között, a halastó töltésén és partvonala mentén, kb. 600 méteres standard szakaszon, havonkénti gyakorisággal (egyesével, elkülönítve) gyűjtött vidraürülék minták tartalmának elemzése alapján történt. Az ürülék mintákat folyóvízben 0,5 mm-es szitán átmostuk, majd szobahőmérsékleten kiszárítottuk. Minden azonosítható prédamaradványt elkülönítettünk, majd a különböző taxonokhoz tartozó táplálékmaradványokat külön-külön, 0,01 g pontossággal lemértük és mikroszkóp alatt vizsgáltunk. A táplálék halak taxonómiai meghatározása pikkely, csontok (pl. garatfog, csigolyák, kopoltyúfedő, állkapocs) morfológiai különbözősége alapján, határozó atlaszok és más határozó kulcsok (Berinkey, 1966; Pintér, 1989; Kemenes, 1993; Knollseisen, 1996; Conroy és mtsai., 1993; Carss és Nelson, 1998; Kloskowski és mtsai., 2000; Harka és Sallai, 2004), valamint referencia csont és pikkelygyűjtemény alapján történt. A legkisebb ismert táplálékelem számot (Carss és Nelson, 1998) az ürülmintában talált, határozásra alkalmas csontok száma alapján határoztuk meg, hogy elkerüljük egyes hal taxonok (vagy más táplálékelemek) felül- vagy alulreprezentálását. A páros csontokat nemcsak párba állítottuk, hanem méretük szerint is elkülönítettük. Az emlős táplálék határozása koponyacsontok, fogazat és szőrmorfológia, a madaraké tollak és koponyacsontok, a kétélűeké csontok, a hüllőké kültakaró, a gerincteleneké kitinváz alapján történt (további módszertani részletek: Lanszki, 2009).

Az ürülékben előforduló táplálék fajok (illetve taxonok) előfordulási esetei alapján százalékos relatív előfordulási gyakoriságot számítottunk (rövidítése: E). Számításmódja a következő: $100 \times$ adott tápláléktaxon példányainak (előfordulási eseteinek) száma osztva az összes tápláléktaxon példányainak számával. A vidra által elfogyasztott halak tömegkategóriákba történő besorolását az ürülekben előforduló halcsontok mérete

alapján végeztük. Adott fajon belül, a halcsont maradványokat összehasonlítottuk a referencia csontgyűjteményünkben található különböző méretű csontokkal. A súlykategóriák az alábbiak voltak: <100 g, 100–500 g, 501–1000 g és >1000 g (Lanszki és mtsai., 2001; Lanszki és Sallai, 2006). A táplálék-összetételt az ürülékben talált maradványok lemért súlya alapján százalékos biomassa számítás (rövidítése: B) szerinti arányban is kifejeztük. A fogyasztott táplálék biomassa (mennyiségi) számítás szerinti összetételének kifejezése érdekében a táplálékmaradványok száraz súlyát Jedrzejewska és Jedrzejewski (1998) által összefoglalt faktorszámokkal szoroztuk. A faktorsúlyok a következők: rovarvők 5, kistrágyászók 9, madarak 12, hüllők és kétélűek 18, halak 25, rákok 7, rovarok 5, növények 4. Az egyes halfajokat a jellemző előfordulási régiójuk alapján P – partközeli, vagy sekély vízben élők (litorális régió), V – vízinövények között, elsősorban partközeli hínártársulásban élők (metafiton régió), N – nyíltvízi (pelágikus régió), F – vízfenéki, vízfenék közeli vízrétegben élők (bentikus régió) csoportjába, továbbá eredetük (honosságuk) szerint őshonos és nem őshonos (idegenhonos) csoportba (Berinkei, 1966; Harka és Sallai, 2004; Lanszki, 2009; Bauer-Haáz és mtsai., 2014) is besoroltuk.

Statisztikai értékelés

A táplálkozási niche-szélességet Levins képlettel számítottuk (Krebs, 1989): $B = 1/\sum p_i^2$, ahol p_i = az adott táplálék taxon biomassa számítás szerinti aránya, majd a B index értékeket standardizáltuk. Erre a Hurlbert által módosított Levins standardizált niche-szélesség képletet alkalmaztuk: $B_{sta} = (B-1)/(n-1)$, ahol B_{sta} = Levins-féle standardizált táplálkozási niche-szélesség (értéke 0-tól 1-ig terjed), B = Levins képlettel számított táplálkozási niche-szélesség (értéke 1-től n-ig terjed), n = a lehetséges táplálék kategóriák száma. A hét fő táplálék taxon (típus) az alábbi volt: emlősök, madarak, hüllők, kétélűek, halak, rákok és egyéb gerinctelenek.

A fő táplálék taxononként külön-külön vizsgáltuk a százalékos relatív gyakoriságon, valamint a biomassa számításán alapuló táplálék-összetételek közötti összefüggést. Ennek érdekében, a fő táplálék taxonok előfordulási esetei, valamint a biomassa számítási adatok (táplálékmaradvány súlyxfaktor adatok) közötti értékeléshez Spearman korrelációt alkalmaztuk (négy évszak, hét fő táplálék taxon). Chi-négyzet próbával hasonlítottuk össze a négy évszak táplálék-összetételeit (N adatok eloszlásait). Egytényezős variancia-analízissel (ANOVA, Bonferroni post hoc teszt) teszteltük a négy évszak és négy év táplálkozási niche-szélesség adataiban tapasztalható különbségeket. Az adatfeldolgozás SPSS 10.0 for Windows (SPSS, Chicago, III) programcsomag felhasználásával történt.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Általános táplálékmintázat

A Csombárdi-tavon vizsgált ürülékminták (n=1656 ürülék, 2889 táplálékelem) alapján vizsgált vidra táplálék-összetétele évszakonként eltérő mintázatot mutatott (Chi-négyzet próba, $\chi^2_{18} = 200,37$, $P < 0,001$). A vidra elsődlegesen fontos táplálékai minden évszakban halak voltak (I. táblázat), fogyasztásuk tavasszal volt a legalacsonyabb (E: 64,7%, B: 82,5%), ezután fogyasztásuk fokozatosan nőtt tél végéig (E: 87,1%, B: 97,2%). A vidra étrendjében a halak részaránya a vizsgált négy év egyes évszakaiban 58,9% (legalacsonyabb érték 2008 nyarán) és 97,8–97,9% (legnagyobb értékek 2011 őszén és telén) között változott (I. ábra).

1. táblázat

A vidra évszakos és éves táplálék-összetétele a Csombárdi-tavon

(Időszak: 2008 március-2012 január; N – táplálékelemek taxononkénti száma, B% – fogyasztott táplálék biomasza-számítás szerinti százalékos részesedése, + – fogyasztási arány 0,05% alatt.

Üres cellák az adott táplálék taxon kimutatásának hiányát jelzik)

Táplálék taxon (1)	Tavaszi (2)		Nyári (3)		Őszi (4)		Téli (5)		Éves (6)	
	N	B%	N	B%	N	B%	N	B%	N	B%
Ponty (<i>Cyprinus carpio</i>)	16	5,5	4	1,7	19	1,5	19	2,8	58	2,7
Ezüstkárász (<i>Carassius gibelio</i>)	102	42,4	101	57,3	204	49,5	400	38,3	807	43,9
Széles kárász (<i>Carassius carassius</i>)	3	0,9	3	0,3			7	0,7	13	0,5
Kárász (<i>Carassius</i> sp.)	38	6,4	9	1,8	29	3,3	33	2,4	109	3,1
Lapos-/dévérkeszeg (<i>Abramis</i> sp.)							1	+	1	+
Vörösszárnyú keszeg (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	4	1,5	7	1,6	6	2,9	7	0,9	24	1,6
Bodorka (<i>Rutilus rutilus</i>)					2	0,3			2	0,1
Compó (<i>Tinca tinca</i>)	3	0,6			4	0,2	8	0,5	15	0,4
Szélhajtó küsz (<i>Alburnus alburnus</i>)	3	0,4	9	1,0	12	0,5	17	0,6	41	0,6
Razbóra (<i>Pseudorasbora parva</i>)	30	2,4	57	3,5	187	7,6	136	5,1	410	5,2
Küllő (<i>Gobio</i> sp.)					1	+	1	+	2	+
Pontyféle, nem meghatározható	8	0,9			7	0,6	6	0,4	21	0,5
Réticsík (<i>Misgurnus fossilis</i>)	1	0,3							1	+
Afrikai harcsa (<i>Clarias gariepinus</i>)							1	0,2	1	0,1
Fekete törpeharcsa (<i>Ameiurus melas</i>)	28	8,7	13	3,8	11	1,1	11	0,7	63	2,1
Sügér (<i>Perca fluviatilis</i>)	25	4,9	40	9,6	63	11,1	154	14,0	282	11,6
Naphal (<i>Lepomis gibbosus</i>)	26	5,0	17	5,4	59	10,7	205	28,8	307	18,5
Fogassüllő (<i>Sander lucioperca</i>)	2	0,7	4	1,5	9	1,4	8	0,3	23	0,8
Csuka (<i>Esox lucius</i>)	2	0,4	2	0,9	11	1,6	4	0,5	19	0,8
Hal, nem meghatározható	13	1,4	12	0,4	9	0,3	18	0,8	52	0,7
Halak (Pisces), összesen	304	82,5	278	88,8	633	92,5	1036	97,2	2251	93,2
Emlősök (Mammalia)	15	0,7	17	2,0	8	0,5	8	0,1	48	0,5
Madarak (Aves)	17	1,5	31	3,0	29	1,3	9	0,3	86	1,0
Hüllők (Reptilia)	3	0,1	6	0,3	2	+			11	0,1
Kétéltűek (Amphibia)	102	15,1	59	5,8	98	5,6	81	2,3	340	5,1
Tízlábú rák (<i>Astacus</i> sp.)							1	+	1	+
Egyéb gerinctelenek (Invertebrata)	26	0,1	16	+	49	+	54	+	145	+
Növények (Plantae)	3	+			3	+	1	+	7	+
Ürülékminiók száma (7)	295		240		448		673		1656	
Táplálékelemek száma (8)	470		407		822		1190		2889	

Table 1. Seasonal and annual dietary composition of otters living in the Csombárdi-pond (N – number of items in each taxa, B% – percentage of biomass of each food item consumed, + – biomass under 0.05%. Empty cells mean that the given taxon was not detected. Spraint samples collected between March 2008 and January 2012)

Food item (1), Spring (2), Summer (3), Autumn (4), Winter (5), Annual (6), Number of spraint samples (7), Summarized number of food items (8).

A vidra másodlagosan fontos tápláléka kétélűekből állt (1. táblázat), fogyasztásuk a halakéval ellentétesen alakult, tavasszal, a kétélűek nászidőszakában volt legnagyobb (E: 21,7%, B: 15,1%), majd fokozatosan csökkent télig (E: 11,8%, B: 5,1%). Nagyobb arányú (B: 17,8%) fogyasztásukat 2008 tavaszán tapasztaltuk (1. ábra). A kétélűeken belül legnagyobb arányban kecskebéka fajcsoportba tartozó békával (*Rana* kl. *esculenta* vagy *Rana* sp.) táplálkozott a vidra. E mellett alkalmanként varangy (*Bufo* sp.) és nagyon ritkán zöld levelibéka (*Hyla arborea*) fogyasztást is kimutattunk.

A vidra harmadlagosan fontos táplálékát madarak jelentették (éves összegzés, E: 3,0%, B: 1%, 1. táblázat). Fogyasztásuk nyáron és ősszel volt jelentősebb. Nagyobb arányú fogyasztásukat 2010 nyarán (B: 13,3%) és 2010 nyarán (13,5%) tapasztaltuk (1. ábra). A madártáplálékban főként récefélék (Anatidae) és kistestű énekesmadarak (Passeriformes) szerepeltek, de ezek mellett ritkán szárcsa (*Fulica atra*), vöcsökfélék (Podicipedidae) és seregély (*Sturnus vulgaris*) fogyasztása is előfordult.

1. ábra

A vidra évszakonkénti táplálkozási niche-szélességének és táplálék-összetételének alakulása a Csombárdi-tavon

(B_{sta} – standardizált táplálkozási niche-szélesség, $B\%$ – fogyasztott táplálék biomassa-számítás szerinti százalékos részesedése, n – ürülékminták száma)

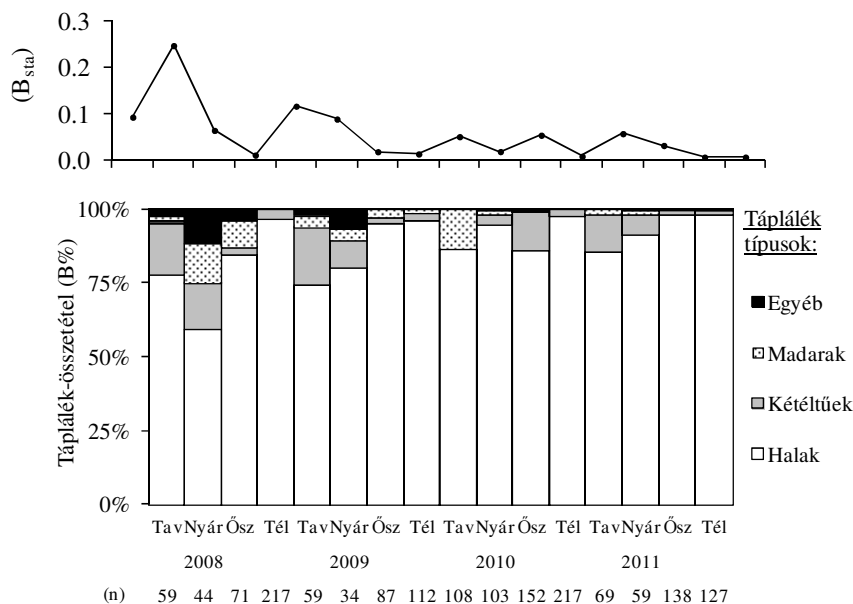


Figure 1. Seasonal standardized trophic niche breadth and diet composition changes of otters living in the Csombárdi pond (B_{sta} – standardized trophic niche breadth value, $B\%$ – percentage of biomass of each food item consumed, n – number of spraint samples)

Táplálék típusok (Food types): halak (fish), kétélűek (amphibians), madarak (birds), egyéb (others)

A többi táplálék típus fogyasztása alárendelt volt (1. táblázat). Kisemlősök kiemelkedően nagyarányú fogyasztását (B: 11,1%, 1. ábra) csak 2008 nyarán tapasztaltuk. A kisemlős táplálékban főként közösséges kőszapocok (*Arvicola amphibius*) szerepelt (leggyakrabban nyáron és tavasszal), e mellett alkalmanként vízcickány (*Neomys* sp.), mezei pocok (*Microtus arvalis*), erdei pocok (*Myodes glareolus*) és erdeieger (*Apodemus* sp.) is előfordult. Hüllők közül a vidra két esetben (2008 nyara) fogyasztott mocsári teknőt (*Emys orbicularis*), ezen kívül tél kivételével alkalmilag siklóféleket (Colubridae) is. A gerinctelenekből álló táplálékon belül leggyakrabban vízbogarakkal (csíkbogarakkal, csíborral és lárvájukkal) táplálkozott, de nagyon ritkán előfordult például futóbogarak (Carabidae), darazsak (Vespidae) és csigák (Gastropoda), továbbá tizslábú rákok (*Astacus* sp.) fogyasztása is. A növényi táplálékban fűfélék szerepeltek.

Szoros összefüggést tapasztaltunk a táplálék esetszámok és a biomaszra számítási értékek között (Spearman korreláció, $r_p = 0,892$, $P < 0,001$).

A vidra táplálékspektruma viszonylag széles volt, az ürülmintákban összesen 17 különböző halfaj (illetve taxon), további 25 állat- és 1 növénytaxon jelenlétét mutattuk ki. A vidra táplálkozási niche-e – a nagyarányú halfogyasztásból adódóan – minden évszakban nagyon szűknek bizonyult (1. ábra), a B_{sta} éves átlaga ($\pm SE$) mindössze $0,056 \pm 0,015$ volt. A táplálkozási niche 2008-tól 2011-ig bekövetkezett fokozatos szűkülése ellenére az évek közötti különbség nem volt szignifikáns (ANOVA, $F_3 = 1,43$, $P = 0,283$). Az évszakok közötti különbség sem volt jelentős ($F_3 = 1,98$, $P = 0,171$).

Haltáplálék összetétel

Az elsődlegesen fontos haltáplálékot (1. táblázat) alapul véve, a vidra táplálékának döntő részét három hal taxon alkotta, így *Carassius* sp. (döntően ezüstkárász *Carassius gibelio*; tavasztól őszi), valamint naphal (*Lepomis gibbosus*) és sügér (*Perca fluviatilis*) különösen télen (2. ábra). Ezek mellett időszakosan számottevő volt még a razbóra *Pseudorasbora parva*; főként őszi és téli) és a fekete törpeharcsa (*Ameiurus melas*; főként tavaszi és nyári) fogyasztása. A gazdaságilag értékes fajok közül a ponty (*Cyprinus carpio*) fogyasztása alárendelt, a süllő (*Sander lucioperca*) és a csuka (*Esox lucius*), valamint az egyéb pontyfélék zsákmányolása csak alkalmi volt. Csíkfélék (Cobitidae) fogyasztását egy esetben (2008 tavaszán), küllő (*Gobio* sp.) fogyasztást szintén nagyon ritkán sikerült kimutatnunk. Az egyéb halak között alkalmi módon például vörösszárnyú keszeg (*Scardinius erythrophthalmus*), bodorka (*Rutilus rutilus*), compó (*Tinca tinca*) és kűsz (*Alburnus alburnus*) is előfordult. A halak 1–2%-át nem tudtuk az ürülekben található maradványok alapján meghatározni.

A vidra minden évszakban meghatározó gyakorisággal és mennyiségi arányban kisméretű (<100 g) halakat zsákmányolt (E: 93,4%, B: 89,1%; 3. ábra). Ide tartozott az elfogyasztott ponty (E: 2,0%, B: 2,7%) több mint fele (52–68%) is. A 100–500 g-os mérettartományba tartozó halak fogyasztása is viszonylag számottevő volt (E: 4,5%, B: 9,8%) ezek zömét ezüstkárász és sügér tette ki, de ezek mellett a ponty, a süllő és a csuka említendő. Az ennél nagyobb halak fogyasztása nagyon ritka esetnek számított (E és B: 1,1%), süllő, csuka, ponty és afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) szerepelt benne. 1000 g-nál nagyobb hal (ponty egy esetben) 2011 őszén szerepelt a vidra táplálékában. A 100 grammnál nagyobb halak (100–500 g-os ponty, 501–1000 g-os süllő) fogyasztása főként a tó 2008. májusi lehalászását megelőző és az azt követő haltelepítések után, az őszi időszakban (501–1000 grammos csuka) fordult elő.

2. ábra

A vidra évszakonkénti haltáplálék-összetételének alakulása a Csombárdi-tavon
(B% – fogyasztott táplálék biotassza-számítás szerinti százalékos részesedése)

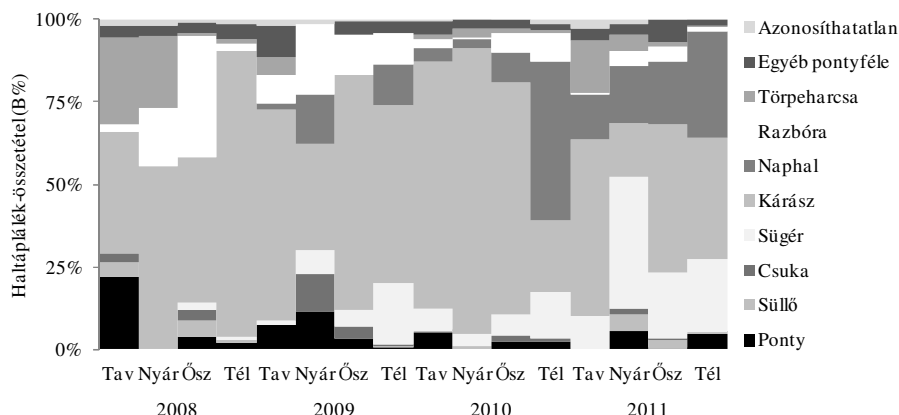


Figure 2. Seasonal fish diet composition of otters living in the Csombárdi pond (B% – percentage of biomass of each food item consumed)

Tav. (spring), Nyár (summer), Ősz (autumn), Tél (winter). Fish food: ponty (*Cyprinus carpio*), süllő (*Sander lucioperca*), csuka (*Esox lucius*), sügér (*Perca fluviatilis*), kárász sp. (*Carassius* sp.), naphal (*Lepomis gibbosus*), razbóra (*Pseudorasbora parva*), törpeharcsa (*Ameiurus melas*), egyéb pontyféle (other cyprinids), azonosíthatatlan (undetermined fish)

A vidra alapvetően partközeli sekély vízben (litorális régióban) előforduló halakat fogyasztott (E: 75,1%, B: 77,3%, 3. ábra). Ide tartozik például az ezüstkárász, a széles kárász, a razbóra, a csuka, a naphal. Ezek mellett viszonylag számottevő volt még a náddal és hínárnövényzettel benőtt (metafiton) régióban előforduló halak (pl. vörösszárnú keszeg, bodorka, sügér) fogyasztása. A vízfenéken, vagy vízfenékhez közeli (bentikus) régióban előforduló (pl. ponty, compó, küllő, csík, törpeharcsa) és különösen a nyíltvízi (pelágikus) régióban előforduló halak (kűsz, süllő) fogyasztása kisebb mértékű volt.

A vidra táplálékának döntő részét (E: 76,1%, B: 79,1%, 3. ábra) nem őshonos, vagyis Magyarországra behurcolt, vagy betelepített halak alkották. Ezek például az ezüstkárász, a razbóra, a naphal, a törpeharcsa.

A Csombárdi-tavon négy évben vizsgált vidra elsődlegesen fontos táplálékát halak alkották. Fogyasztásuk kifejezetten nagyarányú volt: a vizsgált 16 évszak mindegyikében 70% fölött alakult (kivétel 2008 nyár, B: 58,9%). A minden évszakban meghatározó halfogyasztás hasonlít a nagyobb halkészletű hazai halastavakon tapasztaltakhoz, és nagyban eltér például az időszakosan kiszáradó lápokon, vagy a holtágakon kapott eredményektől (Kemenes és Nechay, 1990; Lanszki, 2009). Az egész évben nagyarányú halfogyasztás ugyanakkor azt is jelzi, hogy a tó halkínálata nem ingadozott olyan mértékben, mint a halastavaké, ahol az őszi lecsapolásokat követően táplálékhiány léphet fel (Kranz, 2000; Lanszki és mtsai., 2006). Táplálékhiányos

időszakban a vidrák számukra nem optimális (szuboptimális; *Kruuk*, 2006), pl. kisebb energiatartalmú, nehezebben és/vagy nagyobb időráfordítással elejthető táplálékforrásokat, pl. kétéltűeket, ízeltlábúakat, madarakat kényszerülnek hasznosítani nagy arányban (*Chanin*, 1985; *Mason és Macdonald*, 1986; *Carss*, 1995; *Lanszki*, 2009; *Lanszki és mtsai.*, 2011). Esetünkben a másodlagosan fontos kétéltűek fogyasztása és az egyéb táplálék típusok hasznosítása nem volt kiugróan magas egyetlen időszakban sem. Az étrend jellegzetes mintázatot mutatott: a halfogyasztás tavasztól télig nőtt, a kétéltűfogyasztás ezzel ellentétesen alakult. A többi tápláléktípus fogyasztása egy-egy évszakban volt csak számottevő.

3. ábra

A Csombárdi-tavon vizsgált vidra haltáplálékának eloszlása a halak tömege, jellemző előfordulási régiója és honossága alapján (átlag \pm SE)

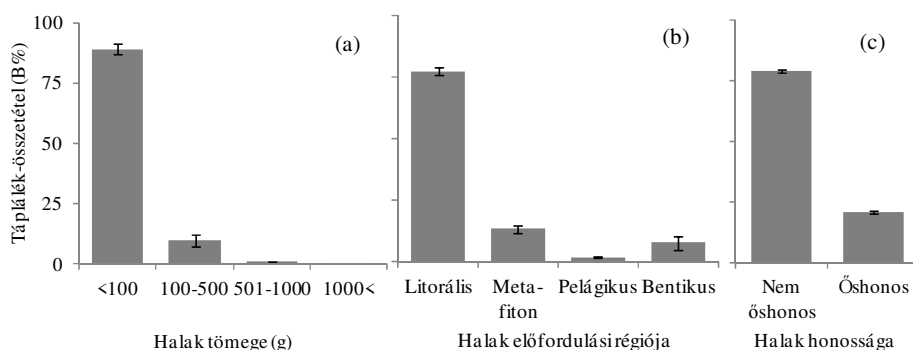


Figure 3. Distribution of fish in the diet of otters living in the Csombárdi-pond in relation to fish weight, habitat region and origin

B% – percentage of biomass of each food item consumed. Fish weight categories (a). Fish habitat regions (b): litoral (or shorezone), metaphyton, pelagic and benthic. Fish origin (c): non-native and native. Mean \pm SE.

A kedvező halellátottságra utaló szűk táplálkozási-niche (*Ruiz-Olmo és Jiménez*, 2009) mellett a viszonylag széles táplálékspektrum az élőhely természetességét, a rendelkezésre álló források sokféleségét jelzi. Ez egyúttal arra is enged következtetni, hogy a vidra étrendjének változatossága – a táplálkozási niche-szélesség és a táplálékspektrum egyidejű figyelembe vételével – az élőhely minőségének egyfajta mércéje. Ezt támasztja alá, hogy a hazai halastavak és halteleltető tavak mentén élő vidrák (*Lanszki és mtsai.*, 2001; *Lanszki és mtsai.* 2007) táplálkozási niche-e a nagyarányú halfogyasztás miatt szűk, a táplálékspektrum kevésbé széles, míg a változatos élővilágú lápokon és holtágakon (*Lanszki és Sallai* 2006; *Lanszki és Széles* 2006) a táplálkozási niche és a táplálékspektrum is széles. Az elsődlegesen haltermelési céllal fenntartott halastavakban bár nagy a hal biomassza, de az élőhely kevésbé változatos (természetes) és a lehalászást követően drasztikusan csökken a táplálékkínálat. Miközben az intenzívebb haltermelésű tavakon nagyobb a vidra

állománysűrűsége (Lanszki és mtsai., 2010), a haltermeléssel negatív következmények is jelentkeznek, például halhiányos időszakban táplálékváltás következhet be más védett fajokra (pl. mocsári teknősre, *Emys orbicularis*), gyakrabban válnak a terület- és táplálékkereső vidrák a forgalom áldozatává (Lanszki és mtsai., 2006; Lanszki, 2009). Ugyanakkor az érintetlen vagy természetközeli területeken alacsony a hal biomassa (és kisebb a vidra állománysűrűsége), ami például száraz években a vidrák kényszerű elvándorlását eredményezheti (Lanszki és Széles 2006).

A táplálkozásvizsgálatok módszertana szempontjából fontosnak tartjuk, hogy a kétféle számításmód (E%, B%) alapjául szolgáló adatsorok között szoros volt a korreláció. Ez azért is érdekes, mert időről időre kérdésként felmerül, hogy melyik számítási módszer reprezentálja jobban a vidra táplálék-összetételét (további részletek: Lanszki és mtsai., 2015). Eredményünk összhangban áll a vonatkozó korábbi hazai vidra táplálkozásvizsgálatok eredményeivel (Lanszki, 2009).

A természetvédelmi kezelés alatt álló Csombárdi tavon haltelepítés kizárólag a természetes eltartó képességre alapozva, a tó jó karban tartása, a természetes halközösségének fenntartása, a halevő állatok táplálékforrásának biztosítása érdekében zajlott (Szegevári és mtsai., 2009). A tó ökológiai szerepére tekintettel a vízleeresztést kerülve, állandó vízborítás mellett folyt a gazdálkodás. A tó halállománya az időnkénti (őshonos, területre jellemző halakkal, pl. compóval, széles kárasszal történő) pótlásokat leszámítva elsősorban a természetes szaporulatból pótlódott. Lehalászás a vizsgálatunk kezdeti időpontját (2008 május) leszámítva nem történt, a halállomány szabályozása (pl. idegenhonos fajok állományának gyérítése) kisszerszámos módszerekkel folyt (Bauer-Haáz és mtsai., 2014). A természetes vízszint-ingadozást utánozva tavasszal a partszélek elárastásával történt a halak ívási környezetének biztosítása. A tó egy része mocsár jellegű, részben vízinövényekkel fedett élőhely. Kedvező feltételeket biztosított több, a vidra számára potenciálisan szóba jöhető táplálék csoportnak, így kétélűeknek, hullóknak és madaraknak egyaránt (Szegevári és mtsai., 2009). A minden évszakban viszonylag magas vidraürülék mintaszámok, a használt vidrakotorék és a kölyöknevelés kimutatása arra utalnak, hogy a tó halkészlete elegendő volt a vidra rendszeres jelenlétének fenntartásához.

A területen 2011-ben elektromos halászgéppel és varsás módszerrel végzett halkészlet felmérésre alapozott halpreferencia vizsgálat (Bauer-Haáz és mtsai., 2014, 1. függelék) szerint a vidra preferálta az ezüstkárászt, a pontyot és a sügért, előfordulási gyakoriság körüli arányban fogyasztotta a razbórát, mellőzte a vörösszárnyú keszeget, a bodorkát, a compót és a süllőt. A törpeharcsát és a naphalat a felmérés módszerétől függően eltérően preferálta. A 2008. évi tavaszi lehalászás időszakában számított preferencia értékek (Szegevári és mtsai., 2009, 2. függelék) szintén az ezüstkárász és az 500 g-nál kisebb ponty preferenciáját jelzik, ugyanakkor a 2011-es adatokhoz képest eltérően a razbóra mellőzését valamint az 501–1000 g-os süllő preferenciáját is mutatják. A Csombárdi-tavon leggyakrabban előforduló és egyben legnagyobb arányban fogyasztott ezüstkárász preferenciáját találták más hazai területeken végzett vizsgálatokban is (halastavak: Lanszki és mtsai., 2001; halteleltető tavak: Lanszki és mtsai., 2007; Dráva: Lanszki és Sallai, 2006).

A Csombárdi-tavon élő vidrák haltápláléka zömmel kisméretű halakból állt. Ez az eredmény összhangban áll Európa más területein, így halastavakon, tavakon, patakokon végzett vizsgálatok eredményeivel (Erlinge, 1969; Wise és mtsai., 1981; Kruuk és Moorhouse, 1990; Roche, 1998; Kloskowski, 1999; Taastrøm és Jacobsen, 1999; Ruiz-Olmo és mtsai., 2001; Copp és Roche, 2003), továbbá a hazai vizsgálatokban, így a Balatonon és a Kis-Balatonon (Kemenes és Nechay, 1990; Nagy, 2002), a lápokon, a

halastavakon, a folyóvizeken, kisvízfolyásokon, holtágakon és a halteleltető tavakon kapott (a vizsgálatok eredményeit összefoglalta *Lanszki*, 2009), valamint a vidragyomor-analízisből származó eredményekkel (*Lanszki és mtsai.*, 2015) is. A Csombárdi-tó halkészletében ritkán ugyan, de a 2008. évi lehalászás (*Szegvári és mtsai.*, 2009) és a 2011. évi halfelmérések szerint is (*Bauer-Haáz és mtsai.*, 2014) előfordultak nagy tömegű halak. A vidra fogyasztott ezekből is, de a készletben való előfordulásuknál kisebb mértékben. Eközben az említett preferenciavizsgálataink (Csombárdi-tó, 2008 és 2011) szerint a vidra a halkészletben leggyakoribb kisméretű (<100 g) halakat - opportunista módon - előfordulási gyakoriságuk arányában ejtette zsákmányul.

A tó adottságait (kis terület, viszonylag sekély víz, jelentős vízínövényzet-borítás) figyelembe véve számottevő volt a litorális és metafiton régiókban előforduló halak fogyasztása. Korábbi vizsgálatok szerint ezek többségét a vidra előnyben részesíti (*Lanszki és mtsai.*, 2001; *Lanszki és Sallai*, 2006; *Bauer-Haáz és mtsai.*, 2014), míg a ritkábban fogyasztott bentikus és litorális régióban előforduló halakat kevésbé részesíti előnyben.

KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálatunk eredményei szerint a vidra tápláléka döntő mértékben nem őshonos halakból állt. A vidra az optimális zsákmánytartományába tartozó, legkisebb energia-befektetéssel zsákmányul ejthető halakat fogyasztja (*Kruuk*, 2006). Tápláléka ezüstkárasszal, törpeharcsával „fertőzött” területen, ezen kritériumoknak megfelelő inváziós halakból áll (*Lanszki*, 2009). Ennek részben horgászati, de ennél sokkal fontosabb természetvédelmi, továbbá gazdasági jelentősége is van. A falánk idegenhonos halak gyérítésével a vidra mintegy segít fenntartani az értékes vízi ökoszisztéma természetközeli állapotra jellemző őshonos faunáját, stabilitását, az élőhely fajgazdagságát. Eddig kevés tanulmányban (pl. *Balestrieri és mtsai.*, 2013; *Bauer-Haáz és mtsai.*, 2014) foglalkoztak azzal a kérdéssel, hogy a vidra rendelkezik-e inváziós halfajokra irányuló állományszabályozó szereppel a természetközeli területeken, vagy az extenzív halas rendszereken. Hazai tapasztalatok szerint, a vizsgálati területünkhöz hasonló állapotú természetközeli területeken (pl. lápokon, holtágakon) kimagaslóan magas arányban fogyasztja ezeket a tömegesen jelen levő, természetvédelmi és gazdasági szempontból is negatív megítélésű nem őshonos halakat. A vizsgált tavon is ezt tapasztaltuk. *Össességében*, a vizsgálatunk hozzájárul a mesterségesen létrehozott víztestek biodiverzitás megőrzésben betöltött fontos szerepének megértéséhez. Az ember által létrehozott vizes élőhelyek az ökológiai hálózatokhoz (pl. Nemzeti Ökológiai Hálózat, Natura 2000 hálózat) kapcsolódnak, ezáltal értékes magterületekké, puffer területek és migrációs útvonalak részeivé válnak. A napjainkban zajló szárazodás (és élővilág szegényedés) miatt különösen fontosnak tartjuk a vizes élőhelyek természetvédelmi célú kialakítását, vagy a Csombárdi-tóhoz hasonló „átalakítását”. Az itt szerzett tapasztalatok más területek létrehozásánál (akár az engedélyezési eljárásban is) és fenntartásánál hasznosíthatók. A jelen tanulmány és a területhez kötődő korábbi közleményeink (*Szegvári és mtsai.*, 2009, *Bauer-Haáz és mtsai.*, 2014) alapján megállapítható, hogy a vidra táplálkozásának változatossága függ az élőhely minőségétől, ami egyrészt indikátor szerepet, másrészt kínálathoz jól igazodó generalista táplálkozási stratégiát jelez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük a lektorok hasznos tanácsait. A kutatást a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési tudományok Doktori Iskolája támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

- Almeida, D., Copp, G.H., Masson, L., Miranda, R., Murai, M., Sayer, C.D. (2012): Changes in the diet of a recovering Eurasian otter population between the 1970s and 2010. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22. 26-35.
- Balestrieri, A., Remonti, L., Vezza, P., Prigioni, C., Copp G.H. (2013): Do non-native fish as prey favour the conservation of the threatened indigenous Eurasian otter? *Freshwater Biology*, 58. 995-1007.
- Baltrunaite, L. (2009): Diet of otters in fish farms in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, 19. 182-187.
- Bauer-Haáz, É.A., Ferincz, Á., Szegvári, Z., Széles, L.G. Lanszki, J. (2014): Fish preference of the Eurasian otter (*Lutra lutra*) on an abandoned fish pond and the role of fish sampling methods. *Fundamental and Applied Limnology*, 184/2. 161-168.
- Berinke, L. (1966): Halak - Pisces. Akadémia Kiadó, Budapest, 135 p.
- Britton, J.R., Shepherd, J.S., Toms, S., Simpson, V. (2005): Presence of carp, *Cyprinus carpio*, in the diet of the otter, *Lutra lutra*. *Fisheries Management and Ecology*, 12. 221-223.
- Carss, D.N. (1995): Foraging behaviour and feeding ecology of the otter *Lutra lutra*: a selective review. *Hystrix*, 7. 179-194.
- Carss, D.N., Nelson, K.C. (1998): Cyprinid prey remains in otter *Lutra lutra* faeces: some words of caution. *Journal of Zoology*, 245. 238-244.
- Chanin, P.R.F. (1985): The Natural History of Otters. Croom Helm, London, 179 p.
- Clavero, M., Prenda, J., Delibes, M. (2003): Trophic diversity of the otter (*Lutra lutra* L.) in temperate and Mediterranean freshwater habitats. *Journal of Biogeography*, 30. 761-769.
- Conroy, J.W.H., Chanin, P.R.F. (2002): The status of the Eurasian otter (*Lutra lutra*). *IUCN Otter Specialist Group Bulletin*, 19(A). 24-48.
- Conroy, J.W.H., Watt, J. Webb, J.B., Jones, A. (1993): A guide to the identification of prey remains in otter spraint. The Mammal Society Zoology Department, University of Bristol, Bristol, 52 p.
- Copp, G.H., Roche, K. (2003): Range and diet of Eurasian otters *Lutra lutra* (L.) in the catchment of the River Lee (south-east England) since re-introduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13. 65-76.
- Dövényi, Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földtudományi Kutatóintézet, Budapest, 876 p.
- EEA (European Environment Agency), (2009): *Lutra lutra*. – Habitats Directive Article 17 Reporting. European Topic Centre on Biological Diversity 13 July 2009.
- Erlinge, S. (1967): Food habits of the fish-otter *Lutra lutra* L. in south Swedish habitats. *Viltrevy*, 4. 371-443.
- Erlinge, S. (1969): Food habits of the otter *Lutra lutra* L. and the mink *Mustela vison* Schreber in a trout water in southern Sweden. *Oikos*, 20. 1-7.
- Harka, Á, Sallai, Z. (2004): Magyarország halfaunája. Pauker Nyomda, Budapest. 269 p.

- Heltai, M., Bauer-Haáz, É.A. Lehoczki, R. Lanszki, J. (2012): Changes in the occurrence and population trend of the Eurasian otter (*Lutra lutra*) in Hungary between 1990 and 2006. *North-Western Journal of Zoology*, 8. 112-118.
- Jámborné, D.K., Bardócz, T. (2012): Magyarország halgazdálkodása 2011-ben. *Halászat*, 105. 3-6.
- Jędrzejewska, B., Jędrzejewski, W. (1998): Predation in vertebrate communities. The Białowieża Primeval Forest as a case study. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 450 p.
- Jędrzejewska, B., Sidorovich, V.E., Pikulik, M.M., Jędrzejewski, W. (2001): Feeding habits of the otter and the American mink in Białowieża Primeval Forest (Poland) compared to other Eurasian populations. *Ecography*, 24. 165-180.
- Kemenes, K.I., Nechay, G. (1990): The food of otters *Lutra lutra* in different habitats in Hungary. *Acta Theriologica*, 35. 17-24.
- Kemenes, K.I. (1993): Egy védett ragadozó, a vidra (*Lutra lutra*) elterjedése, táplálkozása és az ezeket befolyásoló tényezők Magyarországon. *Kandidátusi értekezés*, ELTE, Budapest.
- Kloskowski, J. (1999): Otter *Lutra lutra* predation in cyprinid-dominated habitats. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 64. 201-209.
- Kloskowski, J. (2005): Otter *Lutra lutra* damage at farmed fisheries in southeastern Poland, II: exploitation of common carp *Cyprinus carpio*. *Wildlife Biology*, 11. 257-261.
- Kloskowski, J., Grendel, A., Wronka, M. (2000): The use of fish bones of three farm fish species in diet analysis of the Eurasian otter, *Lutra lutra*. *Folia Zoologica*, 49. 183-190.
- Knollseisen, M. (1996): Fischbestimmungsatlas, als Grundlage für nahrungsökologische Untersuchungen. Boku-Reports on Wildlife Research and Game Management, Wien, 94 p.
- Kranz, A. (2000): Otters (*Lutra lutra*) increasing in Central Europe: from the threat of extinction to locally perceived overpopulation? *Mammalia*, 64. 357-368.
- Krebs, C.J. (1989): Ecological Methodology. Harper Collins, New York, 654 p.
- Kruuk, H. (1995): Wild otters. Predation and populations. Oxford University Press, Oxford, 290 p.
- Kruuk, H. (2006): Otters: ecology, behaviour, and conservation. Oxford University Press. Oxford, 280 p.
- Kruuk, H., Moorhouse, A. (1990): Seasonal and spatial differences in food selection by otters (*Lutra lutra*) in Shetland. *Journal of Zoology*, 221. 621-637.
- Lanszki, J. (2009): Vadon élő vidrák Magyarországon. Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága, Kaposvár, 237 p.
- Lanszki, J., Bauer-Haáz, É.A., Széles, G.L., Heltai, M. (2015): Diet and feeding habits of the Eurasian otter (*Lutra lutra*): experiences from post mortem analysis. *Mammal Study*, 40. 1-11.
- Lanszki, J., Molnár, M., Molnár, T. (2006): Factors affecting the predation of otter (*Lutra lutra*) on European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Journal of Zoology*, 270. 219-226.
- Lanszki, J., Mórocz, A., Conroy, J.W.H. (2011): Food caching by a Eurasian otter. *Folia Zoologica*, 60. 43-46.
- Lanszki, J., Sallai, Z. (2006): Comparison of the feeding habits of Eurasian otters on a fast flowing river and its backwater habitats. *Mammalian Biology*, 71. 336-346.
- Lanszki, J., Körmendi, S., Hancz, Cs., Martin, T.G. (2001): Examination of some factors affecting selection of fish prey by otters (*Lutra lutra*) living by eutrophic fish ponds. *Journal of Zoology*, 255. 97-103.

- Lanszki, J., Pallos, S. Z., Nagy, D., Yoxon, D. (2007): Diet and fish choice of Eurasian otters (*Lutra lutra* L.) in fish wintering ponds in Hungary. *Aquaculture International*, 15. 393-402.
- Lanszki, J., Széles-Lanszki, G. (2006): Feeding habits of otters on three moors in the Pannonian ecoregion (Hungary). *Folia Zoologica*, 55. 358-366.
- Lanszki, J., Hidas, A., Szentes, K., Révay, T., Lehoczky, I., Jeney, Zs., Weiss, S. (2010): Genetic structure of otter (*Lutra lutra*) populations from two fishpond systems in Hungary. *Mammalian Biology*, 75. 447-450.
- Marques, C., Rosalino, L. M., Santos-Reis, M. (2007): Otter predation in a trout fish farm of central-east Portugal: preference for „fast-food”? *River Research and Applications*, 23. 1147-1153.
- Mason, C.F., Macdonald, S.M. (1986): Otters: ecology and conservation. Cambridge University Press, Cambridge, 236 p.
- Nagy, D. (2002): Data on the feeding biology of otter (*Lutra lutra* L.) in the lakes Balaton and Kis-Balaton in Hungary. *Opuscula Zoologica*, Budapest, 34. 59-66
- Nechay, G. (2005): A vidra védelme és annak lehetőségei. In: Kemenes, K. I. (szerk.): Az eurázsiai vidra múltja, jelene, jövője. Fővárosi Állat és Növénykert, Budapest, 13-26.
- Pintér, K. (1989): Magyarország halai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 135 p.
- Pintér, K. (2002): Magyarország haltermelése 2001-ben. *Halászat*, 95. 49-54.
- Roche, K. (1998): The diet of otters. First phase report of the Trebon otter project. Scientific background and recommendations for conservation and management planning. Nature and environment, no. 93, Council of Europe Publishing, Strasbourg, 57-71.
- Ruiz-Olmo, J., Jiménez, J. (2009): Diet diversity and breeding of top predators are determined by habitat stability and structure: a case study with the Eurasian otter (*Lutra lutra* L.). *European Journal of Wildlife Research*, 55. 133-144.
- Ruiz-Olmo, J., Lopez-Martin, J.M., Palazon, S.(2001): The influence of fish abundance on the otter (*Lutra lutra*) populations in Iberian Mediterranean habitats. *Journal of Zoology*, 254. 325-336.
- Szegvári, Z., Bauer-Haáz, É.A., Lanszki, J. (2009): A vidra táplálkozásának elemzése a Csombárdi-rét Természetvédelmi Területen. *Paeonia*, 3. 117-126.
- Taastrøm, H.M., Jacobsen, L. (1999): The diet of otters (*Lutra lutra* L.) in Danish freshwater habitats: comparison of prey fish populations. *Journal of Zoology*, 248. 1-13.
- Wise, M., Linn, I.J., Kennedy, C.R. (1981): A comparison of the feeding biology of Mink *Mustela vison* and otter *Lutra lutra*. *Journal of Zoology*, 195. 181-213.
- 275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet (2007): Az európai közösségi jelentőségű természetvédelmi rendeltetésű területekről. *Magyar Közlöny*, 78. 5508-5531.

1. függelék

A vidra Ivlev-féle index (E_i) alapján számított halpreferenciája, a halkészlet elektromos halászgéppel és varsával történő felmérése szerint (Csombárdi-tó, időszak: 2011; Bauer-Haáz és mtsai., 2014)

(Hal taxonok: Cyc – *Cyprinus carpio*, Cag – *Carassius gibelio*, Sce – *Scardinius erythrophthalmus*, Psp – *Pseudorasbora parva*, Tit – *Tinca tinca*, Amm – *Ameiurus melas*, Leg – *Lepomis gibbosus*, Pef – *Perca fluviatilis*, Sal – *Sander lucioperca*; tömegkategóriák: 1 – < 100 g, 2 – 100-500 g, 3 – 501-1000 g, 4 – > 1000 g)

Hálfelmérés		Hal taxonok és tömegkategóriák (2)																			
												Am	Am								
módszere (1)		Cyc	Cyc	Cyc	Cyc	Cag	Cag	Sce	Sce	Psp	Tit	m	m	Leg	Pef	Pef	Pef	Sal	Sal	Sal	Sal
		1-4	1	3	4	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2	3	1	2	3	4
Elektromos (3)	halászgép																				
	Átlag (4), E _i	0,50		1,00	-0,68	0,42	-0,78	-0,11	-0,27	0,04		1,00	1,00	-0,19	0,39	1,00		-0,33	1,00	-0,14	
	SE	0,10		0,00	0,32	0,32	0,12	0,56	0,73	0,46				0,03	0,05			0,66		0,85	
		0		0	0	4	4	3	5	5				1	6			7		6	
Varsa (5)																					
	Átlag, E _i	0,96	1,00	1,00	1,00	0,78	-0,49	-0,87	-0,81	0,02	1,00	-0,27	0,18	0,49	0,30	-0,12	1,00	0,00	-0,73	0,96	1,00
		0,04		0,00		0,04	0,40	0,04	0,19	0,35		0,36	0,60	0,06	0,25	0,30		1,00	0,26	0,04	
	SE	0		0		0	4	0	0	0		9	4	7	6	0		0	7	0	

Appendix 1. Ivlev's index of preference (E_i) with respect to fish availability as assessed by electrofishing and fyke nets (Csombárdi pond, period: 2011; Bauer-Haáz et al., 2014).

Fish survey method (1), fish taxa and weight categories (2), electrofishing (3), mean (4), fyke net (5); Cyc – *Cyprinus carpio*, Cag – *Carassius gibelio*, Sce – *Scardinius erythrophthalmus*, Psp – *Pseudorasbora parva*, Tit – *Tinca tinca*, Amm – *Ameiurus melas*, Leg – *Lepomis gibbosus*, Pef – *Perca fluviatilis*, Sal – *Sander lucioperca*; weight categories: 1 – < 100 g, 2 – 100-500 g, 3 – 501-1000 g, 4 – >1000 g.

2. függelék

A vidra Ivlev-féle index alapján számított halpreferenciája lehalászási adatok alapján (Csombárdi-tó, 2008 tavasz; Szegvári és mtsai. 2009)

(Tömegkategóriák: 1 – <100 g, 2 – 100-500 g, 3 – 501-1000 g, 4 – >1000 g. Preferencia:

E% – relatív előfordulási gyakoriság adatok alapján számított érték, B% – mennyiségi összetétel adatok alapján számított érték)

Halfaj (1)	Tömeg- kategória (2)	Ivlev-index (E_i)	
		E%	B%
<i>Cyprinus carpio</i>	1	0,383	0,233
<i>Cyprinus carpio</i>	2	0,410	0,056
<i>Cyprinus carpio</i>	4	-1,000	-1,000
<i>Carassius gibelio</i>	1	0,392	0,168
<i>Pseudorasbora parva</i>	1	-0,851	-0,823
<i>Ameiurus melas</i>	1	0,178	0,033
<i>Sander lucioperca</i>	3	0,383	-0,041

Appendix 2. Ivlev' s index of preference with respect to fish availability as assessed by fish harvesting (Csombárdi pond, spring of 2008; Szegvári et al., 2009)

Fish taxa (1), weight categories (2): 1 – < 100 g, 2 – 100-500 g, 3 – 501-1000 g, 4 – >1000 g). E% – calculated on the basis of percentage relative frequency of occurrence data, B% – calculated on the basis of biomass data.

Levelezési cím (corresponding author):

Lanszki József

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

Institute of Environmental Sciences and Nature Conservation

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Tel: 06-82-505-800

e-mail: lanszki.jozsef@ke.hu



Az aranyakál „jelenség” és ami mögötte van: az első nemzetközi sakál-szimpozium tapasztalatai alapján

¹Kurys A., ¹Lanszki J., ²Heltai M., ²Szabó L., ^{1,3}Ács K.

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

²Szent István Egyetem, Vadvilág Megőrzési Intézet, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

³SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt, 7400 Kaposvár, Bajcsy-Zsilinszky u. 21.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az aranyakál (*Canis aureus*) elterjedt ragadozó Afrika északi és keleti, Ázsia középső és dél-keleti, valamint Európa dél-keleti területein. A 20. század közepéig a korábbi európai elterjedési területének nagy részéről kipusztult. Jelenlegi ismereteink szerint a Balkán-félsziget délkeleti területén fennmaradt populációiból indult a faj észak-nyugati irányú terjeszkedése a nyolcvanas évek elején. A terjeszkedés az ezredfordulótól robbanásszerűvé vált a Balkán-félszigeten és Kelet-Közép-Európa egyes országaiban. A közepes testméretű ragadozó gyors terjedése, a vélt és valós károkozások miatt gyakoriak a ragadozó-ember konfliktusok. Szerzők a sakállal kapcsolatos kutatás legújabb tapasztalatait a Szerbiában 2014-ben megrendezett első nemzetközi sakál-szimpozium előadásai alapján az alábbiakban összegzik: (1) az aranyakál az elmúlt két évtizedben a korábbi európai elterjedési területén ismét megjelent, állománya a legtöbb országban rendkívül gyorsan nő; (2) az állománysűrűség nagy különbségeket mutat, helyenként magas értéket is elér (min. 2–3 csoport/10 km²); (3) a nagy mennyiségben rendelkezésre álló antropogén eredetű táplálékforrások befolyásolják az állomány növekedését; (4) a legtöbb országban kártevőnek tekintik, de a táplálék-összetétel vizsgálatok nem támasztják alá a sakál nagyfokú nagyvad vagy legelőn tartott háziállat predációját; (5) a molekuláris genetikai vizsgálatok az aranyakál európai populációjában nagyfokú hasonlóságot mutatnak; (6) a legújabb Kelet-Európai és a korábbi Közép-Európai terjedések különböző forráspopulációkon alapulnak és (7) igazolták a sakál és a kutya vadon előforduló hibridizációját is, továbbá (8) a gyors terjeszkedés állat- és humán egészségügyi kérdéseket is felvet.

(Kulcsszavak: aranyakál, *Canis aureus*, állománynövekedés, ragadozó-ember konfliktus, antropogén eredetű táplálékforrás, táplálkozás, genetikai vizsgálat)

ABSTRACT

The golden jackal "phenomenon" and what is behind it: by the experiences of the first international jackal symposium

A. Kurys¹, J. Lanszki¹, M. Heltai², L. Szabó², K. Ács^{1,3}

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Environmental Sciences and Nature Conservation, H-7400 Kaposvár, Guba Sándor Str. 40.

²Szent István University, Institute for Wildlife Conservation, H-2100 Gödöllő, Páter Károly Str. 1.

³SEFAG Forest Management and Wood Industry Share Co, H-7400 Kaposvár, Bajcsy-Zsilinszky Str. 21.

Golden jackal (Canis aureus) is a widely distributed predator in North and East Africa, middle and South-East part of Asia and South-East Europe. The species disappeared from the most part of its European area by the middle of 20th century. Our present knowledge is that spreading of the species started from the core populations in the South-East part of Balkan-peninsula in the '80s. Spreading changed to expansion in several countries in the Balkans and Central-East-Europe from the millennium. Conflicts between human and the mesocarnivore are common because of the dynamic spreading, real and supposed damages caused by the jackal. The Authors summarize the latest results and experiences of golden jackal research by the presentations of the First International Jackal Symposium was held in Serbia in 2014: (1) golden jackal initially re-colonized its former territories in Europe in the last two decades, the size of population is increasing extremely fast in most countries; (2) the population density shows significant differences, it can reach extreme high values locally (2–3 groups/10 km²); (3) the increase of the population is influenced by the large quantity of available anthropogenic food resources; (4) golden jackal is regarded as a pest species in most countries despite the fact that feeding habit studies cannot confirm the significant negative influence neither on big game or pastured domestic animal populations; (5) molecular genetic studies of golden jackal populations show high correspondence in Europe (6) the latest distribution results in Central-Europe and East-Europe are based on different core populations and (7) hybridization of jackal and dog is proved in the wild; (8) intensive spreading also raise animal and human health questions.

(Keywords: golden jackal, *Canis aureus*, population increasing, human–carnivore conflict, anthropogenic food resources, feeding, molecular genetics study)

BEVEZETÉS

Az aranyasakál (*Canis aureus*) a 21. század elejének egyik legsikeresebb ragadozója Közép-kelet Európában. Három földrészen, így Észak- és Kelet-Afrikától Dél-kelet Európáig, keleti irányban Közép- és Dél-Ázsiáig előfordul (Macdonald és Sillero-Zubiri, 2004). Közepes testméretű, csoportban élő faj (Macdonald, 1983; Moehlman, 1987). Európai elterjedési területe az élőhelyeinek átalakítása és a ragadozók általános üldözés miatt a 20. század közepéig a Balkán-félsziget déli, keleti területeire szűkült (Demeter és Spassov, 1993; Krystufek és mtsai., 1997; Arnold és mtsai., 2012). A 20. század végén a fennmaradt populációból kiindulva megkezdte spontán visszatelepülését (Arnold és mtsai., 2012). Közép-kelet Európában állománya gyorsan növekszik (Krystufek és mtsai., 1997; Heltai és mtsai., 2001; Szabó és mtsai., 2009; Arnold és mtsai., 2012).

Az aranyasakál őshonos fajunk (Rakonczay, 1989; Tóth és mtsai., 2009) Magyarországon területén a középkortól bizonyíthatóan alacsony sűrűségben, de folyamatosan előfordult egészen az 1940-es évekig. A „nádi farkas”, „réti farkas” elnevezés gyakran az aranyasakálra vonatkozott, de a korábbi leírások és ábrázolások sokszor nem eléggé

pontosak ebben a kérdésben (Tóth és mtsai., 2009). A farkassal (*Canis lupus*), hiúzzal (*Lynx lynx*), barna medvével (*Ursus arctos*) együtt vörös könyves faj (Rakonczay, 1989), de státusa lényegesen eltér az említett, napjainkban fokozottan védett nagyragadozókétól. Terjeszkedő hazai állományáról 1997-től – amióta vadászható faj – állnak rendelkezésre adatok. A vadászati statisztikák gyorsan növekvő állományméretet jeleznek. A sakál 2012 óta az ország teljes területén egész évben vadászható.

Ökológiáját tekintve – a korábbi afrikai és részben ázsiai tapasztalatokat (pl. Lawick-Goodall, 1970; Moehlman, 1987; Demeter és Spassov, 1993) leszámítva – gyakorlatilag ismeretlen fajként tért vissza egykori európai elterjedési területére. A növekvő állománnyal összefüggésben minden érintett országban felerősödtek a klasszikus ragadozó–ember konfliktusok (Szabó és mtsai., 2010; Heltai és mtsai., 2013). A szükséges tudományos ismeretek és legálisan alkalmazható lehetőségek ismeretének hiányában a konfliktusok következményei esetenként illegális módszerek (pl. mérgezés) a természetvédelmi oltalom alatt álló fajok egyedeit is érintik. Ugyanakkor a sakállal kapcsolatos ismeretek bővülése a gazdálkodókat (vadgazdálkodás, természetvédelem, állattartás) is segíthetné az ellentétek mérséklésében. A faj ökoszisztémákra gyakorolt hatásai kevésbé ismertek, a sakál iránt nemcsak élénk hazai, hanem nemzetközi érdeklődés is tapasztalható.

Az aransakál újabb kori európai terjeszkedése mellett Magyarországon, az első között kezdődött a faj életmódjának és lehetséges hatásainak kutatása, ami napjainkban is folyik. Közel két évtizede követik nyomon terjeszkedését (Heltai és mtsai., 2001; Szabó és mtsai., 2009; Tóth és mtsai., 2009), tanulmányozzák a faj táplálkozás-ökológiáját (Lanszki és Heltai, 2002; Lanszki és mtsai., 2006; Heltai és mtsai., 2013). Bioakusztikus módszerrel tíz éve monitorozzák egyes területek sakállállományát (Lanszki és mtsai., 2007; Heltai és mtsai., 2013), valamint megkezdtek a genetikai és parazitológiai vizsgálatokat is (Rutkowski és mtsai., 2014; Takács és mtsai., 2014).

Az aransakál európai terjeszkedése, visszailleszkedése korábbi élőhelyeire és megjelenése a korábban még nem benépesített területeken számos kérdést vetett fel, és új kutatási programokat indított el más országokban is. Az európai programok a 2000-es évek elején gyorsultak fel és ettől kezdve publikálták az első eredményeket a faj elterjedési területén, így például Görögországban (Giannatos és mtsai., 2005, 2010), Bulgáriában (Spassov és Markov, 2004), Szerbiában (Zachos és mtsai., 2009; Cirovic és mtsai., 2014), Szlovéniában (Krofel és Potocnik, 2008), Horvátországban (Radovic és Kovacic, 2010; Boskovic és mtsai., 2013), Olaszországban (Lapini és Molinari, 2009) és Ausztriában (Plass, 2007) egyaránt.

Áttekintő közleményünkben elsősorban az aransakál kutatás nemzetközi és hazai helyzetéről kívánunk áttekintést adni a 2014. október 13–16. között Veliko Gradište-ben (Szerbia) megrendezett Első Nemzetközi Sakál-Szimpoziumon (First International Jackal Symposium) elhangzott előadások kivonatainak felhasználásával. A szimpoziumon 14 ország 47 kutatója vett részt és mutatta be eredményeit. Az érdekesítő előadásokat témakörönként csoportosítva mutatjuk be.

Státus és állománynövekedés

A görögországi aransakál populáció – más európai országokban tapasztaltakkal ellentétben – korábban folyamatosan csökkent (Giannatos és mtsai., 2005; Arnold et al., 2012). A 2000–2001-ben végzett első országos állományfelmérés szerint a faj hét fontosabb területre szorult vissza. Görögországban az elmúlt tíz évben végzett akusztikus sakállállomány felmérési eredmények (Migli és mtsai., 2014) szerint az

állomáynövekedés itt is gyors. A növekedés különösen az északi és északkeleti országrészben szembetűnő, ahol a környező országok felől is várható a faj terjeszkedése. Görögország déli területein (Peloponnészoszi-félsziget) az állomáynövekedés mérsékeltebb. Számos szigetén a populáció stabil, míg egyes területeken állománycsökkenés is mutatkozik (Chalkidiki és Fokida). Az élőhely feldarabolódás és az illegális vadászati módok (mérgezés) a faj helyi eltűnését eredményezik, de összességében a populáció görögországi terjeszkedése folyamatos és az egész országban megfigyelhető.

Görögországban végzett megfigyelések alapján az aranszakál, a szürke farkas és a vörös róka közötti interakciókról számolt be *Giannatos és Ivovic* (2014). Az aranszakál állomány akusztikus felmérése során négy esetben figyelték meg a farkasok sakálokkal szembeni agresszív magatartását. Két esetben a farkasok egyértelműen elűzési és elpusztítási szándékkal közelítették meg a vélt sakálokat, és az emberi jelenlét ellenére is vonakodva távoztak. Egy másik esetben egy magányos farkas óvatosan közeledett a sakálhangot lejátszó állomás (a felmérési helyszín) felé. A negyedik esetben egy nyomcsapda rögzítette, amint egy magányos farkas megközelítette a provokált üvöltésre válaszoló sakál farkát. Dél-Görögország intenzíven monitorozott nagy sakál sűrűségű (3–4 sakál család/10 km²) területén a róka ritkán fordul elő, továbbá a sakálcsoportok magterületén belül a rókák nem használtak kotorékot, bár a két faj között közvetlen interakciót nem figyeltek meg. Akusztikus felmérés szerint Számos szigetén 25 sakál család él, innen a róka teljesen eltűnt. A legújabb görögországi felmérések azt mutatják, hogy a farkasok és sakálok hasonló – részletesebben nem ismertett – táplálékforrásokat hasznosítanak. A tengerszint felett magasabban elhelyezkedő, kisebb és szétszórtabb táplálékkínálatú területeken kizárólag a farkas fordul elő. A farkas sakállal szembeni agressziója a különösen kifejezett ott, ahol stabil farkas farka él. Bár a sakál általában nem szorítja ki ilyen egyértelműen a rókát, de a nagy sakálsűrűségű területeken a róka elkerüli a sakálcsalád központi területét és állománsűrűsége is kisebb. A három ragadozó tehát felosztja egymás között az életteret és lehetőség szerint elkerülik egymást.

Lapini és Banea (2014) az antropogén hatásoknak az aranszakál európai terjeszkedésében betöltött szerepét és a védelmi státus jelentőségét tekintették át. Véleményük szerint a napjainkban tapasztalt intenzív térhódításban nagy szerepük van a kóborló hajlamú, egy-két éves szubadult egyedeknek. Bár több hipotézis is született a terjeszkedés magyarázatára, de az egyik legfőbb okként az antropogén hatásokat jelölik meg. Közép- és Kelet-Európában a rendszerváltást követő időszakban a kemikáliák használatának csökkenése (aminek eredményeként több lehetett pl. a kismélt), a mezőgazdasági művelésre használt területek felhagyása, a szerves hulladék- és döngkezelés megoldatlansága együttesen növelte a sakálok számára könnyen hozzáférhető táplálékforrásokat. Ezen kívül a ragadozógazdálkodás hiányosságai (alacsony gyérítési ráták), – és a szerzők véleménye szerint – a legelőn tartott háziállat állományt védő megoldások mellőzése szintén hozzájárulhat a sakál állomáynövekedéséhez. A sakál Balkán-félszigeten tapasztalt állomáynövekedésének kezdete az 1950-es évekre tehető, ami egybeesik a farkas majdnem teljes kipusztításának időszakával. A szerzők véleménye szerint a sakál az alacsony, vagy közepes tengerszint feletti magasságon fekvő fás, vagy síkvidéki, nyílt, emberi befolyás alatt álló területeket, mocsaras, folyó menti galériaerdőket kedveli. A faj szerepének megítélését számos félrevezető információ rontja. A státusza országonként nagyon eltérő, míg Olaszországban és Szlovéniában védett, addig például Bulgáriában, Szerbiában és Magyarországon egész évben vadászható.

Az aranyakál előfordulása Bosznia-Hercegovinában napjainkig szórványos volt, a fajt eddig nem kutatták, mindössze két régióban regisztrálták a jelenlétét. 2000 és 2004 között teríték, valamint a vadászok közvetlen észlelései alapján 122 egyedről gyűjtöttek adatot, zömében Bosznia északi részéről (*Trbojevic és Malesevic*, 2014). A faj fő terjedési útvonalát a Száva völgye jelenti. Az ország keleti és déli területein szórványosan fordul elő. A vadászati törvény értelmében a vemhes és szoptató szukák kilövése tiltott, egyébként a faj egész évben vadászható. A hivatalos vadászati statisztika alapján az állomány jelentős ingadozást mutat (1 egyed 2000-ben, 26 egyed 2014-ben). A hivatalos vadászati statisztika nem szolgáltat megbízható adatokat, az állományt a szerzők 200–300 egyedre becsülik. Az ország sakál állományát nem monitorozzák, a sakált a vadászok kártevőnek tartják. Szükséges lenne egy országos kiterjedésű monitorozó rendszerre, ami magában foglalná a valós terítékadatok követését is, valamint olyan ökológiai vizsgálatok elvégzését, mellyel a sakál vadfajokra gyakorolt hatása becsülhető lenne.

Szlovéniában az első aranyakált 1953-ban észlelték, akkor három példányt lőttek. Ezt követően csak az 1980-as években tapasztalták újra a jelenlétét. *Krofel és mtsai.* (2014) 2005 és 2014 között intenzív adatgyűjtést és terepi megfigyelést végeztek. Összegyűjtöttek a publikált észleléseket, a kilövési és gázolási adatokat, vadászokkal és civilekkel folytatott beszélgetés során előkerült bizonyító fényképeket, továbbá szisztematikus akusztikus állományfelmérést is végeztek. Ezek alapján megállapították, hogy a sakál állománynövekedése az 1980-as évektől Szlovéniában is tapasztalható. Mindössze nyolc területiális csoportról számoltak be, vagyis a helyi sakálsűrűség nagyon alacsony. Emiatt a faj az országban védett. A sakál szlovéniai állományhelyzete szöges ellentétben áll a Balkán-félsziget más területein tapasztaltakkal, ahol a sűrűségük a nagyszámú lelővések ellenére is magas. Szerzők szerint Szlovénia területe lépegető kő szerepet tölthet be a faj terjeszkedésében.

A magyarországi vizsgálat 1997-ben az aranyakál hazai vissztelepedésének kezdeti időszakában indult. *Heltai és mtsai.* (2014) munkájukban áttekintették a sakál korábbi magyarországi elterjedéséről rendelkezésre álló ismereteket, az intenzív terjedést feltehetően jelentősebben befolyásoló tényezőket, a terjeszkedés lehetséges korlátját, és a vadállományt érintő lehetséges hatásokat. Ennek érdekében feldolgozták az elmúlt 200 év hazai vonatkozású tudományos és szakmai irodalmi forrásait, továbbá összegezték a teríték adatokat, a táplálékvizsgálatok, az akusztikus állományfelmérés és a *post mortem* vizsgálat tapasztalatait. A sakál előfordulása az 1800-as és az 1980-as évek között szórványos lehetett, ugyanis néhány egyértelműen bizonyítható előfordulása ismert ebből az időszakból. Ezzel szemben napjainkban (az 1990-es évektől) állománya robbanásszerűen nő. Az akusztikus állományfelmérés tapasztalatai azt jelzik, hogy a sakál rendkívül változatos élőhelyeken, például művelés alól kivont (parlag) területeken, erdős pusztákon és sűrű bozótos területeken is előfordul (élőhely generalista faj). Szerzők megállapították, hogy az aranyakál és a vörös róka táplálkozási szokásai jelentős mértékben hasonlítanak, mindkettő táplálék generalista. A sakál elsősorban kisemlősökkel táplálkozik, de az elsődlegesen fontos táplálékforrás mennyiségének erős csökkenése esetén a nagyvadfajok (főként vaddisznó) szaporulatát is zsákmányul ejti. A *post mortem* vizsgálat eredménye azt mutatja, hogy a sakál szaporodási stratégiája sokkal hatékonyabb (csoportos életmód, alloparentális utódgondozás), mint a rókáé (magányos életmód). Az eddigi tapasztalatok szerint a faj terjedését segíti az antropogén eredetű táplálékforrások rendelkezésre álló nagy mennyisége; és korlátozhatja a rendelkezésre álló búvóhely és a fokozott zavarás.

Populációökológia

Az aransyakál állománysűrűsége (a családi vagy territoriális csoportok minimális sűrűsége) – jelenlegi ismereteink szerint legmegbízhatóbban – választ provokáló ún. bioakusztikus módszerrel mérhető fel. A társas viselkedésű kutyafélékre (farkas, prérifarkas) kidolgozott módszert Görögországban alkalmazták elsőként aransyakálra (további részletek: *Giannatos és mtsai.*, 2005). Ennek valamely változatát használják napjainkban Európa-szerte.

Horvátországban a síkvidéki területeken az aransyakál általánosan elterjedt. *Krofel és mtsai.* (2014) akusztikus felmérési módszerrel 2012–2013-ban vizsgálták négy síkvidéki terület (Ravni Kotari, Peljesac-félsziget, Lonjsko rét, és Kopácsi-rét) sakálpopuláció sűrűségét. A vizsgálat során 244 megálló helyen (területi lefedettség: 1750 km²) 211 sakálcsoport választát regisztráltak. A becsült populáció sűrűség 0,69–0,79 territoriális csoport/10 km² (Ravni Kotari) és 2,27–2,43 territoriális csoport/10 km² (Peljesac-félsziget) között alakult. Vizsgálták az élőhely típus, a lakott településtől való távolság, a vízforrás és a főbb útvonalak sakál csoport jelenlétével és számával való összefüggését is. Az emberek elől ma is elzárt aknamezők területén feltételezett nagyobb állománysűrűséget a felmérés nem támasztotta alá.

Acosta-Pankov és mtsai. (2014) az aransyakál állománysűrűségét befolyásoló ökológiai tényezők szerepét tanulmányozták Bulgária keleti területein. A vizsgálatuk azért is érdekes, mert a sakálállomány mostani európai terjedésének forráspopulációja Bulgária dél-keleti területén lehetett. Innen kezdett a faj az 1970-es években terjeszkedni. A sakál jelenlétét sokféle biotópban (pl. erdő, bozótos, rét, nedves-mocsaras területek, folyó menti galéria erdők) is kimutatták. A sakálcsoportok jelenlétének és sűrűségének meghatározására akusztikus módszert alkalmaztak. A felmért 50 helyszínen 47 sakálcsoport válaszolt. A becsült sakálsűrűség 0,8 csoport/10 km² (Várna térsége) és 2,1 csoport/10 km² (Balkán-hegység keleti területe) között változott. Tapasztalataik szerint az eltérő sűrűség értékeket a lakott település közelsége és a terepi adottságok befolyásolták.

Az aransyakál romániai elterjedését, állománysűrűségét és gazdálkodást érintő kérdéseit ismertették *Papp és mtsai.* (2014). Az aransyakál dinamikus térhódítását Romániában hosszú ideig alig kutatták. Ugyanakkor a természetvédelmi kezelés és a vadgazdálkodás gyakorlata populációbecslésen alapul. A vizsgálat célja, a romániai sakál populáció nagyságának becslése, elterjedési területének meghatározása volt az eredményes állománykezelés érdekében. Négy Natura 2000 területen végeztek akusztikus állományfelmérést és fotócsapdázást 2011 és 2013 között. Az ország 41 megyéjéből 28-ban mutatták ki az aransyakál jelenlétét. Az előfordulások nagyon eltérőek, például Krassó-Szörény megyében két egyedet, míg Tulcea megyében (Duna-delta) 1595 egyed jelenlétét becsülték a felmérések alapján. Az országos becsült létszám 2013-ban 6431 egyed volt, a 2012/2013-as év teríték adatai 2502 egyedről szóltak. A Duna-delta egy 50 km²-es területén 2,2 csoport/10 km²-állománysűrűséget kaptak.

A Magyarországon 2004 óta alkalmazott akusztikus állomány felmérést a gödöllői és kaposvári kutatócsoport végzett (*Szabó és mtsai.*, 2014), célja az aransyakál hazai terjeszkedésének követése, az állománysűrűség becslése és annak változásának nyomon követése volt, valamint a faj északi irányú terjeszkedése során használt zöldfolyósókat próbálták felderíteni. Az akusztikus felmérés eredményei azt mutatták, hogy az ország déli, Horvátországgal szomszédos megyéire (Somogy, Baranya, Bács-Kiskun) koncentrálódik a hazai állomány jelentős része. A terjeszkedés a Dráva menti területekről indult. A Duna és Tisza menti galériaerdők és mocsaras területek tették lehetővé a sakál északi irányú terjeszkedését, úgy, ahogy korábban az a Balkán-félsziget

irányából történhetett. A felmérések során a Bács-Kiskun megyei mintaterületen 0,18–3,19 csoport/10 km², az Ormánság nyugati peremén 0,73–4,3 csoport/10 km² sűrűségértéket tapasztaltak. Mindkét területen nagyon jelentős a sakál állomány fluktuációja. A hosszú távú akusztikus felmérés alátámasztja Szerzők azon korábbi megállapításait, mely szerint a faj nagyfokú alkalmazkodó képességének köszönhetően országos elterjedésére lehet számítani. Véleményük szerint a sakál eredményes térhódításában az antropogén eredetű források mellett a farkas (a nagyragadozók) hiánya is szerepet játszik, hasonlóan a Balkán-félszigeten tapasztaltakhoz.

A szimpóziumon érdekességgként szerepelt az Afrika keleti és déli területein élő panyókás sakál (*Canis mesomelas*) állomány felmérésének néhány tapasztalata. A faj sűrűségéről a széles elterjedési területe és az ökoszisztémákban betöltött jelentős szerepe ellenére meglehetősen kevés adat áll rendelkezésre. *Krofel és mtsai.* (2014) akusztikus módszerrel Namíbiában, farmok területein végeztek állományfelmérést, melynek során háromszögletes módszert alkalmaztak. Ezzel az akusztikus felmérési módszer megbízhatóságát javították.

Területhasználat

A táplálkozásvizsgálatok eredménye szerint a Golan-fennsíkon (Izrael) élő aransakálok a számukra könnyen elérhető emberi eredetű (antropogén) táplálékforrásokat nagymértékben hasznosítják. Korábbi izraeli kutatások (*Bino és mtsai.*, 2010) bizonyítják, hogy az antropogén táplálékforrásokhoz való hozzáférés korlátozásával csökken a túlélés, illetve nő a szétszóródásra (diszperzióra) való hajlandóság. *Talmon és mtsai.* (2014) abból indultak ki, hogy egy intenzíven növekvő generalista ragadozó állományára az antropogén eredetű források hatása jelentős lehet. Szerzők, vizsgálták a táplálékforrások csökkentésének hatását egy népes sakálállomány területhasználat intenzitására. A manipuláció során szabályozták egy baromfifarmról a kikerült baromfi tetemekhez való hozzáférést. A kezelt területen 5, a nem kezelt területen 8 sakált láttak el GPS-es nyakörvvel. Fő eredményük, hogy a táplálékforrás elvonásának hatására nőtt a sakálok mozgáskörzete (ami az állomány sérülékenységét eredményezheti) ahhoz képes, ahol az antropogén eredetű táplálékforráshoz való hozzáférést nem korlátozták. Véleményük szerint a sakálállomány felfutása a betegségek, paraziták terjesztésével is hatással lehet az ökoszisztémákra.

Görögországban, Fokida-Mornos területén és Számosz-sziget keleti részén csapdázta (stoppolt hurokkal és lábfogó csapdával) és jelölték meg rádióadóval aransakálokat (*Giannatos és Legakis*, 2014). A megfogott nyolc sakál közül ötre helyeztek rádióadót, a jelölt állatokat 2–13 hónapig követték nyomon. A területeken rendszeresen gyűjtöttek adatokat a sakálállományról fix megállóhelyeken végzett akusztikus felméréssel, kiegészítve ezt kézi reflektoros bevilágítással és közvetlen megfigyelésekkel. Az egy évnél hosszabb időtartamban nyomon követett egyedek mozgáskörzet méretei megegyeztek egyes indiai, afrikai és izraeli vizsgálatok eredményeivel (2–15 km²; *Giannatos*, 2004). Tapasztalataik szerint a sakálok éjszaka minden élőhely típust használtak, de preferálták a nyílt területeket és gyakran megközelítették a háziállat karámkokat. Az állatok nappal a sűrű, bozótos élőhelyeket részesítették előnyben. Összességében megállapították, hogy az ember lakta területeken az antropogén eredetű források elérhetősége és eloszlása, valamint a rejtőzködésre alkalmas vegetáció foltok száma határozza meg a terület sakálcsaládjainak létszámát és sűrűségét.

Táplálkozás-ökológia

Érdekesítő és módszertanát tekintve viszonylag egyszerűen kivitelezhető jellege miatt sok előadás foglalkozott az aransakál táplálkozásának vizsgálatával.

Penezic és Cirovic (2014) az aransakál táplálékainak évszakos összetételét vizsgálta Szerbiában. Két helyszínről kilenc év alatt 339 sakál gyomrot gyűjtöttek össze. Az eredményeket százalékos előfordulási gyakoriság (E) és biomassa (B) értékkel adták meg. A táplálék-összetétel jelentős évszakos eltéréseket mutatott. Háziállat maradványok tették ki a táplálék nagy részét télen (B: 69,0%, E: 45,2%) és tavasszal (B: 61,8%, E: 32,0%), míg nyáron kisemlősök (B: 36,5%, E: 32,1%) és növények (B: 20,8%, E: 23,8%). Ősszel a legfontosabbak voltak a kisemlősök (B: 37,0%, E: 29,0%), ezt követték háziállat maradványok (B: 36,2%, E: 23,7%). A vizsgálat eredményei rámutatnak a sakál opportunistá táplálkozási stratégiájára, mely szerint a háziállat maradványok fogyasztásra az év kedvezőtlenebb részében szembetűnő, illetve a növény és kisemlős fogyasztás növekedésére, mely akkor jelentős, mikor azok tömegesen elérhetővé válnak (nyár-ősz).

Stoyanov (2014) az aransakál táplálkozását 1998 és 2007 között gyűjtött 100 sakál gyomor (140 táplálék összetevő) alapján vizsgálta Bulgáriában. Megállapította, hogy a táplálék-összetétel (mennyiségi, vagyis biomassa arányok alapján) – az eltérő táplálékforrások miatt – jelentősen különbözik az évek, az évszakok és az élőhelyek között. Ősszel és télen kisemlős (27%, ebből 2% mezei nyúl), háziállat dög (23%), növények (16 %), madarak (14%) és csülkös vad (12%, főleg vaddisznó: 10%) voltak a legfontosabbak a táplálékban. Faji szinten a mezei pocok (*Microtus arvalis*) volt a fő táplálék. A hal (3%), a kétélű és hüllő (0,8 %), valamint a rovar (0,8%) fogyasztás elenyésző volt. Szerzők véleménye szerint a sakálok nem függnek a nagyvadfajok előfordulásától, illetve nem okoznak jelentős veszteséget a vadállományban. A fő táplálékforrás őszen és télen a nagyvad döge, illetve a szeméttelpeken hozzáférhető baromfi tetemek voltak. Az eredmények rámutatnak arra a fontos tényre, hogy az antropogén eredetű források csökkentése hatékonyabb lehet a sakál populáció sűrűségének csökkentésében, mint a vadászat.

Az elmúlt 20 évben Horvátország keleti területein is robbanásszerűen nőtt az aransakál létszáma. Az ott élő sakálok évszakos táplálék összetételének vizsgálata érdekében *Boskovic és mtsai.* (2014) 238 gyomor tartalmát vizsgálták (ebből 33 üres volt). A nagyvad maradványok (zsiger) fogyasztása jelentős szezonalitást mutatott: tavasszal 21% nyáron 31%, őszen 45% és télen 45% volt (relatív előfordulási gyakoriság). Szárnyas apróvadfogyasztás tavasszal 5%, nyáron 2% és őszen 3%-ban fordult elő. A háziállat tetemek fogyasztása is erős szezonalitást mutatott, tavasszal 16%, nyáron 14%, őszen 25%, és télen 36% volt. A téli hónapokban jelentős háziállat maradvány (zsír, belek, bőr) feltehetően a vidéki háztartások haszonállat levágásából származtak. A nagyvad fajokból (főleg vaddisznó és őz) származó izomszövet 16 gyomorban, főként a késő őszi, téli időszakban figyelték meg. A rágsálófogyasztás a mezőgazdasági területeken volt jellemző; tavasszal: 19%, nyáron: 29%, őszen 9%, volt, míg a téli sakál gyomormintákban nem mutattak ki rágsáló maradványt. A növényfogyasztás szintén szezonálisan változott. Magvak (kukorica, napraforgó) és a vadon termő, valamint termesztett gyümölcsök (szőlő, feketepeer, ringló, körte) az érési időszaktól függően szintén évszakosan (általában 20% feletti gyakorisággal) jelentek meg a sakálok táplálékában. Szerzők, vizsgálati eredményeik alapján megállapítják, hogy a sakál kártevőként való megjelenítése nem megalapozott. A tipikusan opportunistá ragadozó kedvező hatása megmutatkozik a tetemek eltakarításában és a mezőgazdasági

kártevő fajok állományának szabályozásában. Vadon élő fajokra akkor vadászik, ha az állati eredetű maradványok mennyisége nem elegendő.

Az arany sakál, a panyókás sakál és a sujtásos sakál (*Canis adustus*) prédaválasztásáról számoltak be *Porter és Hayward* (2014) irodalmi adatokra alapozott előadásukban. Táplálék-összetétel és kénálati adatok ismeretében megállapították, hogy mindhárom sakál faj opportunista táplálkozású, azaz, a legkönnyebben hozzáférhető táplálékot részesíti előnyben. A vizsgálatuk hipotézise az volt, hogy mindhárom sakál faj a kis testtömegű zsákmányokat, például a rágcsálókat, nyulakat, kisméretű patásokat választja, míg a nagyobb testméretű fajokat – ami versengéshez vezethetne a nagyobb testű ragadozókkal – elkerülik. Szerzők áttekintést adtak a sakálok számára alapvető táplálék összetevőkről, az alkalmas élőhelyekről, valamint a sakálokkal együtt élő ragadozókat (például a vörös róka) között fennálló versengésről.

Az 1990-es években Magyarországra visszatelepült arany sakál dinamikus terjedése ember–ragadozó konfliktusokat eredményez. Elsősorban a vadgazdálkodók jelzik a nagyvadállományban okozott kártételét. Ugyanakkor a nagyvadállomány növekszik és a vadászati szokások miatt jelentős mennyiségű, a sakál számára hozzáférhető, vadzsiger és tetem kínálat jelentkezik. A magyarországi vadászati statisztikák alapján 1994 és 2012 között a lőtt nagyvad száma és a leadott nagyvad tömege alapján számított zsigerek súlya 1061 tonnáról 3099 tonnára nőtt. A sakál táplálkozási opportunizmusa alapján a szerzők (*Ács és mtsai.*, 2014) feltételezték, hogy intenzív nagyvadgazdálkodás alatt álló területen jelentős lesz a sakál nagyvad fogyasztása. Hipotézisük tesztelése érdekében két éves időszakban Lábod körzetében gyűjtött 62 sakál gyomortartalmát elemezték évszak, ivar, korcsoport és elejtés/begyűjtés időpontja (hajnalban, ill. napközben) szerint. Tapasztalatuk szerint a sakál elsődleges táplálékát nemcsak a nagyvadfajok fő vadászati idejeiben, hanem minden évszakban nagyvad zsiger és döghús alkotta (éves átlag, T – tömeg szerinti összetétel: 55%, E – relatív előfordulási gyakoriság szerinti összetétel: 28%), emellett adult vaddisznó (T: 12%, E: 7%) és adult szarvasfélék (T: 12%, E: 8%) fogyasztása volt még jelentős. Szarvasborjú fogyasztást egy esetben mutattak ki (T: 2%, E: 1%). A dögből és zsigerből álló elsődlegesen fontos táplálékot nagyobb arányban egészítették ki a kifejlett sakálok nagyvaddal, a fiatalok pedig növényekkel és gerinctelenekkel, míg az ivartól függő különbség nem volt jelentős. Éjszaka vaddisznó, nappal gerinctelenek és növények voltak fontosabb kiegészítő táplálékok. A területen folytatott legeltetés ellenére juh (és más háziállatok) fogyasztását nem tapasztalták. A kisemlősök táplálkozásban betöltött alárendelt szerepe a területen kimutatott viszonylag alacsony kisemlős kínálattal függhetett össze. Tekintettel arra, hogy a vaddisznó egész évben vadászható, a szarvasfélék állománya külön engedéllyel szintén egész évben szabályozható, tavasszal és nyáron is jelentős mennyiségű vadzsiger keletkezett, továbbá számos vadtetemet (pl. vadgázolás, vadászat miatt elpusztult és később megtalált egyedek) regisztráltak. A vizsgálat rámutatott a nagy mennyiségben rendelkezésre álló vadzsiger és tetemek helyileg egész éves fontosságára, továbbá nem támasztotta alá a sakál nagyvadállományban okozott jelentős kártételét.

Tizennégy Magyarországon őshonos ragadozóemlős-faj táplálék-összetételének összehasonlító vizsgálata alapján szerzők (*Lanszki és Heltai*, 2014) három ökológiai guild-et különítettek el. Első csoportba tartoztak a főként nagyvadfogyasztók (farkas, hiúz), másodikba a mindenevők (borz, róka, nyest, nyuszt), harmadik csoportba a főleg kisemlősökkel táplálkozó ragadozók (a fennmaradó fajok). Számos faj (köztük az arany sakál) tartozik az utóbbi csoportba, aminek hátterében állhat az, hogy a kisemlős kínálat nagyon jelentős Magyarországon, biomasszája helyileg meghaladhatja egyes

nagyvadfajokét. A nagymértékű táplálék-átfedések ellenére, például a táplálékforrások bősége miatt, számos ragadozó emlősfaj képes egymás mellett élni.

Szaporodás és viselkedés

A sakálók társas viselkedésének fejlettsége, szociális szerkezete a farkaséhoz hasonlítható. Csak a domináns szülőpár (alfa hím és alfa nőstény) szaporodik. Előfordul, hogy az előző évben született (ún. „segítő”, vagy *helper* státusú) fiatalok a szülőkkel maradnak, és segítenek fiatalabb testvéreik felnevelésében (Macdonald 1979a, 1979b, 1983; Moehlman 1987, 1989).

Patricia Moehlman, évtizedekig Tanzániában élő amerikai kutatónő ragadozóemlős-fajok, köztük a sakálók és a Serengeti ökoszisztémájának feltárásában az alapköveket lerakó tudósnak számít. Moehlman és mtsai. (2014) az aranysakál reprodukciós stratégiáját terepi kutatásuk alapján foglalták össze. A sakál szoros monogám párkapcsolatban él, ami akár 6–8 évig (a pár valamelyik tagjának elpusztulásáig) is tarthat. A monogám párkapcsolat bizonyítása szempontjából fontos, hogy a viselkedési jellemzőkön túl mikrosatellit DNS analízissel, vagyis genetikailag is sikerült kimutatni, hogy az aranysakál monogám. Egy tíz éves kutatásban vizsgálták a szaporodási konfliktust, a reprodukciós elfojtást, és a segítők befektetésének megtérülését a társas kötelékben, valamint a segítők és a kölykök túlélésében való. A domináns egyedek (a szülők) számára az alárendeltek (az előző évi utódaik) szaporodásának gátlása előnyös, mert azok így segítőként vesznek részt a kölykök nevelésében. Vagyis a domináns sakálók számára előnyösebb, ha az alárendeltek a territóriumon (területen) belül maradnak és segítőké válnak, mint ha a szülők területén belül, vagy azon kívül szaporodnak. Az alárendeltek számára kedvezőbb, ha a szülők területén belül szaporodnak, mint ha a szüleik kölykeinek a nevelését segítik. Az előnyök közötti különbségek vezetnek a szaporodási konfliktusokhoz.

A szociális rendszer hozzájárul a kölyök jobb túléléséhez (a rókákhoz képest) és a felnőtt egyedek kedvezőbb kondíciójához is. Az előbbi közvetlenül, az utóbbi közvetett módon járul hozzá a faj szaporodási és így terjedési sikeréhez. Az utóbbi oka, hogy a családon belül *helper* szerepet betöltő egyed, a szaporodásba való bekapcsolódás esetén vélelmezhetően jobb kondícióban lesz, mint egy *soliter* életmódot folytató kutyaféle egyede a tél végén.

Taxonómia és morfológia

Jojić és mtsai. (2014) öt különböző szerbiai populációból származó aranysakál koponya (n=234) morfológiai és geometriai adatait hasonlították össze kétdimenziós eljárással. Az arckoponya- (16) és agykoponya (12) csontok mérési pontjait többváltozós varianciaanalízissel elemezték. A két ivar között az arckoponyaméretekben, az öt populáció adatainak összehasonlítása során mind az arc-, mind az agykoponya méretekben jelentős különbségeket találtak. Bár korábban (Zachos és mtsai. 2009) a szerbiai sakál populáció alacsony genetikai diverzitásáról számoltak be, néhány koponyaméretbeli eltérés az észak-nyugati populációnak az ország középső és észak-keleti területein élő populációktól való eltérésére utalhat.

Penezic és mtsai. (2014) összehasonlították három Szerbiában őshonos kutyaféle, az aranysakál (n=405), a szürke farkas (n=104) és a vörös róka (*Vulpes vulpes*) (n=252) kondícióját jelző vesezsír-indexet. A 2008 és 2014 között gyűjtött adatok értékelése alapján megállapították, hogy a három faj kondíciója télen különbözött lényegesen. A farkast és a sakált jobb kondíció jellemezte, mint a rókát. A sakál testtömeg értékei szezonálisan eltértek, míg a rókánál az évszakos különbségek nem voltak jelentősek. A

sakál és a róka a legrosszabb kondícióban a nyár folyamán, a zsírraktározás kezdetén, míg legjobb kondícióban ősszel és télen volt. A kondícióindex-értékek nem mutattak jelentős ivarok közötti különbségeket. A genus szintű különbségek ellenére mindhárom faj vesezsír-index értékei jó kondícióra utaltak.

Az észak-afrikai elterjedésű farkas-sakál (*Canis lupaster* vagy *Canis aureus lupaster*) taxonómiai helyzete különleges. Bulgár kutatók (Spasov és Stoyanov, 2014) Algériában gyűjtött koponyák (n=21) csonttani bélyegeit vizsgálták és hasonlítottak össze európai és közel-keleti eredetű szürke farkas és aransakál koponyákkal. A gyűjtött minták esetén hat morfológiai bélyeg aransakálhoz, négy farkashoz mutatott nagyobb hasonlóságot, míg öt tulajdonság köztes jelleget mutatott. További morfometriai mérések alapján a fajt elkülönítették a két rokon fajtól, és ahogy azt a genetika vizsgálatok is alátámasztották, a *C. lupaster* közelebb áll a farkasokhoz, illetve a farkas őshöz, melyről a nagyszámú pleziomorf bélyeg (ősi jelleg) is árulkodik.

Genetika és toxikológia

Az elmúlt 50 évben az aransakál többé-kevésbé folyamatos terjeszkedése tapasztalható a Balkán-félsziget délkeleti területe felől Közép-Európa irányában. Szaporodó állományok már Olaszország északi és Ausztria keleti területein, valamint a Baltikumban is megfigyelhetők. Korábbi mikroszatellit és mtDNS analízis (Zachos és mtsai., 2009) a szerbiai populáció alacsony genetikai diverzitását mutatta, ami feltehetően a Bulgáriából induló betelepülés eredményeképp jelentkező alapító hatásra vezethető vissza. Suchentrunk és mtsai. (2014) a genetikai diverzitás csökkenését 132 bulgáriai, 26 magyarországi és 121 szerbiai sakál szövetmintáinak azonos markerekkel történő vizsgálatával tesztelték. Egy bulgáriai sakál kivételével a 279 sakál mtDNS haplotípusa megegyezett. A mikroszatellit variabilitás sem tért el lényegesen a vizsgált területek között. A Magyarországon elsőként megtelepedő populáció genetikai diverzitása nem különbözött a többi populációtól. Modellvizsgálat alapján az első betelepülő egyedek nagy távolságot tehetnek meg anélkül, hogy egy határozott irányt előnyben részesítettek volna. Így a vizsgált régióban nem tapasztalható a genetikai diverzitás jelentős csökkenése (palacknyak hatás). Szerzők véleménye szerint, feltehetően a Bulgária dél-keleti területeire kb. 60 évvel ezelőtt visszaszorult kis létszámú sakálpopuláció genetikai diverzitása már eleve kicsi lehetett. A regionálisan fennmaradt populációk nem veszített a genetikai variabilitásból, és a jelenlegi állományoktól genetikailag nem különböznek lényegesen. Ez feltehetően a nagyfokú migrációnak és az effektív populációméret viszonylagos gyors növekedésének köszönhető.

Az aransakál keleti, nyugati és északi irányban történő terjeszkedésének pontos okai nem tisztázottak. A lehetséges okokat modellezéssel elemezték Banea és mtsai. (2014). A klímaváltozás és a táj alakító tevékenység egyaránt felmerültek, mint lehetséges befolyásoló tényezők. A vizsgálat során arra a megállapításra jutottak, hogy a sakál terjeszkedését nem befolyásolja a klímaváltozás. Ugyanakkor a sakál a mediterrán területekről északi irányban terjeszkedik. Szerzők feltételezése szerint a sakál hosszú távú diszperziós stratégiát követ. Hipotézisük tesztelése érdekében irodalmi adatokat, környezeti paramétereket térképi adatbázisok segítségével vizsgáltak. Ezen kívül több országból gyűjtött szövetminták mtDNS analízisével is igyekeztek igazolni elméletüket. Megállapításuk szerint – mely alátámasztja a szimpóziumon szereplő más kutatók korábbi vagy újabb tapasztalatait – a potenciális sakál élőhelyek közötti átjárhatóságot könnyítik a különféle zöldfolyosók, nagy biodiverzitású vizes élőhelyek, amelyek lehetővé teszik a gyors terjeszkedést.

A veszettség visszaszorítása érdekében 1964-ben egy kezelési program keretében a sakálokat, mint a betegség fő közvetítőjét kiirtották Izrael területéről. Ehhez képest a faj napjainkra elérte a korábbi állomány nagyságát és újra benépesítette az ország déli területeit. *Kahila és mtsai.* (2014) vizsgálták a vadon élő sakálpopuláció genetikai struktúráját és életképességét. Öt különböző földrajzi régióból 88 egyedről gyűjtöttek DNS-t és 13 mikroszatellit lókuszt vizsgáltak. Két olyan gént (N-CAM, és nAChR) találtak, amely receptorhoz kötve a vírus sejtbe való bejutását segíti, illetve három (DQA, DQB, DRB) kutya leukocita antigén került azonosításra a patogén-gazda kapcsolat jellemzésére. Kimutatták, hogy az ország sakál populációjának nagy a genetikai diverzitása. A Jordán folyó völgye mentén feltételezik a migrációt. Az ország középső részén élő populáció eltér a déli és északi populációktól, ami a fragmentációnak vagy a bőséges táplálékforrásoknak köszönhető genetikai izoláltságot jelzi. A genetikai vizsgálatok segíthetik az állománykezelést és a zoonózisok vizsgálatát.

Európa középső és dél-keleti országaiból, a Kaukázusból és Észtországból gyűjtött összesen 65 sakál minta genetikai vizsgálata alapján *Rutkowski és mtsai.* (2014) célja az észak-kelet Európában élő sakállomány forráspopulációjának azonosítása volt. 15 mikroszatellit lókuszt vizsgálatával 89 allélt azonosítottak. Két haplotípust azonosítottak mtDNS vizsgálattal. Az első haplotípus mindegyik területen jelen volt, míg a másodikat csak a kaukázusi populációban azonosították. A genetikai szerkezet elemzése során a Szerzők négy genetikai csoportot (klasztert) különítettek el. Az elsőben a magyarországi és a romániai, a másodikban – meglepő módon és jelenleg nem tisztázott okok miatt – az észtországi és a kaukázusi, a fennmaradó harmadikban és negyedikben pedig keverednek a szlovéniai, a horvátországi, a szerbiai és az ukrainai populációk genetikai markerei. A vizsgálat szerint az észtországi populáció eredete a Kaukázus lehetett. Különösen az mtDNS vizsgálat jelzi a faj alacsony genetikai diverzitását.

A fő hisztokompatibilitási rendszer (MHC) génjei kulcsfontosságú komponensek az emlősök immunrendszerében és fontos molekuláris markerekké válhatnak a rátermettséghez kapcsolható genetikai diverzitás vadonélő emlős populációkban való felméréséhez. *Arbanasic és mtsai.* (2014) aranysakálon (n=57) végzett vizsgálatának célja MHC osztályok (II DRB, DQA és DQB) allél diverzitásának feltérképezése volt a horvátországi és a szerbiai populációiban. A vizsgálat során négy DRB1, kettő DQA1 és kettő DQB1 allélt azonosítottak, amelyek egyedi aminosav szekvenciákat kódoltak. Ezek közül az allélok közül három DRB1, egy DQA1 és mindkét DQB1 allél új volt, eddig kutyafélékben nem azonosították őket. A megtalált viszonylag kisszámú allél kiegyensúlyozódik a DQB1 és DRB1 allélok közötti nagy evolúciós távolság révén. Az allél kombinációk öt haplotípust (DLA-DRB1/DQA1/DQB1) határoznak meg, ami földrajzi eltéréseket jelez. A három (DLA-DRB1/DQA1/DQB1) lókuszt haplotípusai alkalmasak lehetnek az aranysakál-kutya hibridek kimutatására is.

Bulgáriában, mezőgazdasági környezetben élő aranysakálok májában és veséjében *Markov* (2014) egyes fémek felhalmozódását mérte. A leíró jellegű vizsgálatban az alábbi, mg/kg szárazsúlyra vonatkoztatott májban mért koncentráció értékek szerepeltek: réz (57,62), cink (141,45), nikkel (0,28), kobalt (0,46), ólom (6,88) és kadmium (0,58), valamint vesében: réz (17,67), cink (58,28), nikkel (0,51), kobalt (0,52), ólom (4,03) és kadmium (1,41).

Paraziták és betegségek

Az aranysakál a növekvő létszámának, a terjeszkedési ütemének, a természetes és lakott területeken való megjelenésének, valamint az opportunistá táplálkozási szokásainak tulajdoníthatóan jelentős hordozója és terjesztője lehet különböző zoonózisoknak.

Bár a Balkán-félsziget endemikus területnek számít trichinella féregfajok szempontjából, és az itt élő vadfajok is jelentős köztigazdának számítanak, ennek ellenére a megbetegedésekről kevés adat áll rendelkezésre. *Cirovic és mtsai.* (2014) tíz éves (2003–2013) időszakban 24 helyszínről gyűjtött 738 sakál (388 kan, 350 szuka) izomszövet mintáját vizsgálták trichinella fertőzöttség szempontjából. A szerbiai sakálállomány fertőzöttsége mérsékelt (16,5%). A 24-ből 13 vizsgálati területen (54%) találtak lárvákat a sakálokban. Az ivarok fertőzöttsége közötti különbség nem volt számottevő. A sakálokban két trichinella faj lárváit azonosították, de a *Trichinella spiralis* (71,1%) és a *T. britovi* (27,8%) fajok együtt csak egy esetben fordultak elő. Szerzők véleménye szerint az aranyasakál *Trichinella* fertőzöttségének folyamatos nyomon követése nélkülözhetetlen a fertőzés megfékezése, illetve a háziállat állományok és a lakosság védelme érdekében.

A hepatozoonózis (*Hepatozoon canis*, *H. americanum*) kullancs által terjesztett betegség, ami nem ritka kutyánál és más kutyaféléknél. Ugyanakkor a vadonélő kutyaféléknél a betegség terjedési módja kevésbé ismert. *Duscher és mtsai.* (2014) Szerbiából, Horvátországból, Montenegróból és Magyarországról gyűjtött összesen 311 aranyasakál máj vagy vázizom szövet mintáját vizsgálták. A fertőzöttség nagyarányú, átlagosan 60,6% volt, mely az országok között eltéréseket mutat; Szerbiában 67,5%, Horvátországban 30,4%, Montenegróban 100% (n=2 minta) és Magyarországon 57,9% volt. Az ivarok közötti eltérés is jelentősnek bizonyult, a hímek 58,9%-a, a nőtények 71,3%-a fertőződött. A fertőzött kanok testtömege kisebb volt, mint az egészségeseké. A fertőződés különösen a hímvivarban jár a nagyobb arányú fiatalkori mortalitással.

Szerbiai sakálok szívféreggel (*Dirofilaria immitis*) való fertőzöttségét és a fertőzöttség térbeli eloszlását vizsgálták *Tizzani és mtsai.* (2014). Ez a fonálféreg előfordul kutyaféléknél és macskaféléknél is. A kutya a leggyakoribb végső gazda, de az embert is megfertőzheti ez az élősködő. Széles elterjedésű, trópusi, szubtrópusi terület vektorai a különböző szúnyogfajok (*Culex* spp., *Aedes* spp., *Anopheles* spp.). A Balkánon élő szívféreg faj (*D. immitis*) vadon élő, és háziállatokban egyaránt megtalálható. Három különböző területről (Morava, Duna és Száva mentén) gyűjtött összesen 388 egyedet vizsgáltak. Kifejlett élősködőt 31 sakálmintában találtak. Legnagyobb fertőzöttséget a Morva folyó vízgyűjtőterületén találták (8,7%). Értékeltek egyes környezeti változók (tengerszint feletti magasság, növényzet, felszínborítás) fertőzés terjedésében betöltött szerepét.

A kutyafélék egyes területeken kiemelt jelentőségű (mintegy őrszem-) fajok a kullancsok által terjesztett megbetegedések monitorozásában. Az aranyasakál az egyike a legelterjedtebb, ember közelében élő fajoknak Európában. A terjeszkedése és sűrűségének gyors ütemű növekedése, illetve a lehetséges zoonózisok előfordulása indokolja, hogy a külső élősködők és egyéb kórokozók előfordulásával, terjedésével mind humán, mind állat-egészségügyi szempontból foglalkozzunk. *Sukara és mtsai.* (2014) három éves vizsgálati periódus alatt (2010–2013) 216 db lőtt és gázolt sakált gyűjtöttek össze Szerbia 12 különböző területéről. Megvizsgálták, hogy van-e kullancs az állatban, majd DNS vizsgálatokhoz mintát vettek a lépből és a kullancsokból. PCR módszer alkalmazásával babéziózis (*Babesia* spp.), Lyme-kór (*Borrelia burgdorferi* s.l.), Q-láz (*Coxiella burnetii*), tularémia (*Francisella* spp.), vérzések kullancsláz (*Rickettsia* spp.), bartonellózis (*Bartonella* spp.) és anaplazmózis (*Anaplasma* spp.) kórokozóit vizsgálták sakálokban és a kullancsokban. A 25 sakálból összesen 118 kullancsot gyűjtöttek, melyek három kullancsfajhoz tartoztak: *Ixodes ricinus*, *Dermacentor reticulatus* és *Haemaphysalis concinna*. A lépmintákban *Babesia canis*, *Anaplasma phagocytophilum* és *Francisella tularensis* fajokat találták, míg a kullancsokban *Borrelia*

afzelii, *Babesia* spp., *Anaplasma phagocytophilum* és *Rickettsia* spp. fajokat találták. A faj járványtani szempontból jelentős, tekintettel arra, hogy az említett fajoknak hordozója és közti gazdája is lehet.

KÖVETKEZTETÉSEK

A 2014-ben Szerbiában megrendezett nemzetközi sakál-szimpozium tapasztalatai az alábbiakban összegezhetők:

1. Az arany sakál gyors állománynövekedését tapasztalják szinte minden érintett országban. Ez alól Görögország sem kivétel, ahol a korábbi, évtizedeken át tartó állományhanyatlást terjeszkedés váltott fel. A faj már nemcsak Európa déli és keleti területeit népesíti be, hanem szaporodó állománnyal megjelent a Baltikumban is. A nagy földrajzi „ugrások” háttere azonban még tisztázásra szorul.
2. Az állományfelmérés akusztikus módszerét általánosan használják, ezzel a praktikus módszerrel a ragadozógazdálkodáshoz alapinformációk gyűjthetők a sakálról. Több vizsgálat is rámutatott arra, hogy a nagy mennyiségben rendelkezésre álló antropogén eredetű források (hulladék, vadzsiger, elpusztult állatok teteme) nagyban felelősek a sakálállomány napjainkban tapasztalt felfutásáért. Emellett a nagytestű ragadozók (farkas, hiúz) hiánya szintén közre játszhat az állománynövekedésben. Az antropogén eredetű táplálékforrások (például vadzsiger, háziállat tetemek) mennyiségének csökkentése vagy hozzáférhetőségük korlátozása egyes esetekben negatívan befolyásolta a dögevő, vagy időszakosan tetemek fogyasztására képes ragadozók állományát. Ez a gyakorlatban alkalmazható vagy legalább kipróbálásra érdemes megállapítás. Továbbá, legeltetésre alapozott állattartás esetén célszerű hagyományos védelmi megoldásokat is alkalmazni (pl. emberi felügyelet, nagytestű pásztorkutyák tartása, estére karámba zárás), ami egyéb problémák (pl. lopás, kóbor kutyák zsákmányejtése), így a veszteség mérséklődését is eredményezi.
3. Annak ellenére, hogy a sakált a legtöbb országban „zsigerből” kártevőnek tekintik, a táplálkozási vizsgálatok nem támasztják alá a sakál nagyvadállományt, vagy legelőn tartott háziállat állományt érintő számottevő hatását. Az eredmények nagyon változatosak; a sakál számára területtől és időszaktól függően a kisemlősök, nagyvad zsiger és tetem (vagyis többségében nem zsákmány), vagy háziállat maradványok a legfontosabbak. A táplálkozásvizsgálatok kapcsán – immár sokadik alkalommal – meg kell jegyeznünk, hogy a táplálék-összetétel kizárólag azt mutatja, hogy a ragadozó számára mely táplálékok fontosak vagy kevésbé fontosak, ugyanakkor a préda oldaláról további felmérések szükségesek. E nélkül nincs predációs hatásbecslés. Összességében, a gyakorlatban használhatóbb megállapításokat lehetne tenni a táplálék kínálat és az élőhely minőségének ismeretében.
4. A sakál napjainkban terjeszkedő állománya genetikailag nem különbözik lényegesen a korábban (a 20. század közepéig) Európában élt állománytól. A genetikai vizsgálatok az arany sakál európai populációjában nagyfokú hasonlóságot mutatnak. A faj legújabb Kelet-Európai és a korábbi Közép-Európai terjeszkedése különböző forráspopulációkon alapul. Igazolták a sakál és a kutya vadon előforduló hibridizációját, ami több szempontból (pl. hibridek nagyobb testtömege, települések közelében várható gyakoribb előfordulás) is jelenthet a jövőben problémát.

Összességében, a különböző természeti adottságú országokban végzett, többféle tudományterületre is kiterjedő kutatások tapasztalatai rámutattak arra, hogy az arany sakál egy nagy ökológiai plaszticitású és érdekfeszítő faj. Igen változatos

táplálékszerzési stratégiái, fejlett társas szerveződése, élőhely generalizmusa, rejtőzködő életmódja, szaporodási/szociális rendszere, a nagyobb testű versenytársak hiánya lehetővé teszik számára a gyors terjeszkedést és az újonnan benépesített területeken az állományának gyors növekedését. Ebben az emberi tényezők többé-kevésbé jól kimutathatók és közrejátszanak. Ilyenek például az antropogén eredetű és természetes táplálékforrások növekvő mennyisége, a nagyragadozók visszaszorítása, a fajjal kapcsolatos ismeretek hiánya, a ragadozógazdálkodás hiányosságai. Megállapítható, hogy összehangolt **felmérések** (pl. ragadozók állomány nagysága, zsákmányfajok állomány nagysága, élőhely minősége, táplálékpreferencia) **hiányában a ragadozó hatása nem mérhető**, a faj szerepét illetően csak általános (és felületes) következtetések vonhatók le. Ezt azért hangsúlyozzuk, mert a vélt vagy valós problémák miatt minden érintett országban – így hazánkban is – fellángoló ragadozó–ember ellentétek csak objektív terepi vizsgálatokra alapozott állománykezeléssel mérsékelhetők, a felmerült problémák csak ez által kezelhetők.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük a lektorok hasznos tanácsait. A szimpóziumon való részvételt támogatták: a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési tudományok Doktori Iskolája (Kurys A), a Svájci-Magyar Együttműködési Program (SH/4/8 – 'Fenntartható természetvédelem a magyarországi Natura 2000 területeken' projekt (Szabó L.), a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. (Ács K.), a Veliko Gradište-i Önkormányzat és a „Golub” Vadásztársaság (Heltai M és Lanszki J), valamint a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Karának Kutató Kari támogatása (Emberi Erőforrások Minisztériuma, 8526-5/2014/TUDPOL).

IRODALOM

- Acosta-Pankov, I., Banea, O.C., Spassov, N. (2014): Preliminary results of the population density of golden jackals (*Canis aureus* Linnaeus, 1758) in various habitats in eastern Bulgaria. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 12. Veliko Gradiste, Serbia.
- Ács, K., Kurys, A., Heltai, M., Csányi, S., Széles, G.L., Bauer-Haáz, É.A., Lanszki, J. (2014): Diet composition of the golden jackal in an area of intensive big game management. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 32. Veliko Gradiste, Serbia.
- Arbanasic, H., Florijancic, T., Boskovic, I., Zelinscak, Z., Galov, A. (2014): Polymorphism of major histocompatibility complex DRB1, DQA1 and DQB1 class II genes in golden jackal. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 68. Veliko Gradiste, Serbia.
- Arnold, J., Humer, A., Heltai, M., Murariu, D., Spassov, N., Hackländer, K. (2012): Current status and distribution of golden jackals *Canis aureus* in Europe. *Mammal Review*, 42. 1-11.
- Bar-Gal, G.K., Magory-Cohen, T., Dolev, A., King, R. (2014): Genetic characterization of the golden jackal (*Canis aureus*) population in Israel: implication in conservation. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 62. Veliko Gradiste, Serbia.
- Banea, O. C., Bogdanowicz, W., Krofel, M., Prydatko, V.I., Crovic, D., Mannil, P., Kolomytsev, G. (2014): Long-distance dispersal of the golden jackal across

- European biogeographic regions. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 60. Veliko Gradiste, Serbia.
- Bino, G., Dolev, A., Yosha, D., Guter, A., King, R., Saltz, D., Kark, S. 2010: Abrupt spatial and numerical responses of overabundant foxes to a reduction in anthropogenic resources. *Journal of Applied Ecology*, 47. 1262-1271.
- Bošković, I., Florijancic, T., Ozimec, S., Speranda, M., Sprem, N., Degmecic, D. (2014): Seasonal diet composition of golden jackal in the eastern Croatia. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 42. Veliko Gradiste, Serbia.
- Cirovic, D., Penezic, A., Milenkovic, M., Paunovic, M. (2014): Winter diet composition of the golden jackal (*Canis aureus* L., 1758) in Serbia. *Mammalian Biology*, 79. 132-137.
- Cirovic, D., Teodorovic, V., Vasilev, D., Markovic, M., Cosic, N., Djuric, S., Djurkovic-Djakovic, O. (2014): Prevalence of *Trichinella* species infections in the golden jackal (*Canis aureus*) in Serbia. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 76. Veliko Gradiste, Serbia.
- Demeter, A., Spassov, N. (1993): *Canis aureus* Linnaeus, 1758 - Schakal, Goldschakal. In: Niethammer J., Krapp, F. (Eds.) *Handbuch der Säugetiere Europas*. Aula-Verlag, Wiesbaden, 107-138.
- Duscher, G., Cirovic, D., Heltai, M., Szabó, L., Lanszki, J., Boskovic, I., Floriancic, T., Knauer, F., Suchentrunk, F. (2014): Hepatozoonosis in golden jackals (*Canis aureus*) from southeastern and central Europe: prevalence data from a first molecular screening. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 70. Veliko Gradiste, Serbia.
- Giannatos, G. (2004): Conservation Action Plan for the golden jackal *Canis aureus* L. in Greece. *WWF, Greece, Athens*, 47 p.
- Giannatos, G., Marinos, Y., Maragou, P., Catsadorakis, G. (2005): The status of the Golden Jackal (*Canis aureus* L.) in Greece. *Belgian Journal of Zoology*, 135. 145-149.
- Giannatos, G., Legakis, A. (2014): Trapping and tracking golden jackals (*Canis aureus*) in human dominated landscapes of Southern Greece. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 18. Veliko Gradiste, Serbia.
- Giannatos, G., Iovic, M. (2014): Some observations of golden jackal (*Canis aureus*), wolf (*Canis lupus*) and fox (*Vulpes vulpes*) interactions. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 44. Veliko Gradiste, Serbia.
- Heltai, M., Cirovic, D., Szabó, L., Penezic, A., Nagyapáti, N., Kurys, A., Lanszki, J. (2013): Golden jackal: opinion versus facts - Experiences from Serbia and Hungary. Modern aspects of sustainable management of game populations. *Second International Symposium on Hunting*, 13-20. Novi Sad, Serbia.
- Heltai, M., Lanszki, J., Szemethy, L., Tóth, M. (szerk.) (2010): Emlős ragadozók Magyarországon. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 240 p.
- Heltai, M., Szemethy, L., Lanszki, J., Csányi, S. (2001): Returning and new mammal predators in Hungary: the status and distribution of the golden jackal (*Canis aureus*), raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) and raccoon (*Procyon lotor*) in 1997-2000. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung*, 26. 95-102.
- Heltai, M., Szabó, L., Tóth, T., Lanszki, J. (2014): The golden jackal in Hungary: 20 years after the returning. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 50. Veliko Gradiste, Serbia.
- Jojić, V., Porobic, J., Cirovic, D. (2014): Skull variability of the golden jackal (*Canis aureus*) from the territory of Serbia: insights from geometric morphometric data. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 22. Veliko Gradiste, Serbia.

- Krystufek, B., Muraiu, D., Kurtonur, C. (1997): Present distribution of the Golden Jackal *Canis aureus* in the Balkans and adjacent regions. *Mammal Review*, 27. 109-114.
- Krofel, M., Berce, T., Krystufek, B., Mladenovic, J., Derzic, M., Lamut, S. (2014): Development of golden jackal population in Slovenia 1953-2014. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 54. Veliko Gradiste, Serbia.
- Krofel, M., Melzheimer, J., Portas, R., Zagar, A. (2014): Use of acoustic method to survey black-backed jackal (*Canis mesomelas*). *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 6. Veliko Gradiste, Serbia.
- Krofel, M., Mladenovic, J., Berce, T., Derzic, M., Selanec, I., Banea, O.C. (2104): Population densities and habitat use of the golden jackals (*Canis aureus*) in selected areas of Croatia. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 8. Veliko Gradiste, Serbia.
- Krofel, M., Potočnik, H. (2008): First record of a golden jackal (*Canis aureus*) in Savinja Valley (Northern Slovenia). *Natura Slovenia*, 10. 57-62.
- Lanszki, J., Heltai, M. (2002): Feeding habits of golden jackal and red fox in south-western Hungary during winter and spring. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 67. 128-136.
- Lanszki, J., Heltai, M., Szabó, L. (2006): Feeding habits and trophic niche overlap between sympatric golden jackal (*Canis aureus*) and red fox (*Vulpes vulpes*) in the Pannonian ecoregion (Hungary). *Canadian Journal of Zoology*, 84. 1647-1656.
- Lanszki, J., Heltai, M. (2014): Food resource partitioning among carnivores in Hungary, especially to the role of the golden jackal (*Canis aureus*). *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 40. Veliko Gradiste, Serbia.
- Lapini, L., Banea, O.C. (2014): Life-history traits, anthropogenic expansion and conservation problems of the golden jackal in Europe. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 48. Veliko Gradiste, Serbia.
- Lawick, van, H., Lawick-Goodall, J. (1970): The innocent killers. Collins, London, 222 p.
- Macdonald, D.W. (1979a): The flexible social system of the golden jackal, *Canis aureus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 5. 17-38.
- Macdonald D.W. (1979b): 'Helpers' in fox society. *Nature*, 282. 69-71.
- Macdonald, D.W. (1983): The ecology of carnivore social behaviour. *Nature*, 301. 379-383.
- Macdonald, D.W., Sillero-Zubiri, C. (2004): Biology and Conservation of Wild Canids. Oxford University Press, Oxford, 450 p.
- Markov, G. (2014): Assessment of heavy metal concentrations in golden jackal (*Canis aureus*) in agricultural environment in Bulgaria. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 64. Veliko Gradiste, Serbia.
- Migli, D., Petridou, M., Giannotos, G., Maragou, P. (2014): Current golden jackal status in Greece - from a low population point to an ongoing recovery. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 46. Veliko Gradiste, Serbia.
- Moehlman, P.D. (1987): Social organization in jackals. *American Scientist*, 75. 366-375.
- Moehlman, P.D. (1989): Intraspecific variation in canid social systems. In: Gittleman, J.L. (Ed.) *Carnivore behavior, ecology and evolution*. Cornell University Press, Ithaca, NY, 143-163.
- Moehlman, P.D., Jenner, N., Hofer, H. (2014): Reproductive tactics and suppression in the golden jackal, *Canis aureus*. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 24. Veliko Gradiste, Serbia.
- Papp, C.R., Banea, O.C., Tudosa, R. (2014): New data on distribution range, population density and management aspects of the golden jackal in Romania. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 14. Veliko Gradiste, Serbia.

- Penezić, A., Radojevic, A., Čirović, D. (2014): Comparative analysis of the body condition of jackal (*Canis aureus*), wolf (*Canis lupus*), and fox (*Vulpes vulpes*) from Serbia. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 36. Veliko Gradiste, Serbia.
- Penezić, A., Čirović, D. (2014): Seasonal variation of the golden jackals feeding habits in Serbia. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 34. Veliko Gradiste, Serbia.
- Porter, L.B., Hayward, M.W. (2014): Prey preferences of the Asiatic and African jackal. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 30. Veliko Gradiste, Serbia.
- Rakonczay, Z. (szerk.) (1990): Vörös Könyv. Akadémiai Kiadó, Budapest, 62-64.
- Rutkowski, R., Mannil, P., Cirovic, D., Yavruyan, E., Haydrapetyan, V., Volokh, A.M., Lanszki, J., Heltai, M., Szabó, L., Krofel, M., Banea, O.C., Suchecka, E., Bogdanowich, W. (2014): Genetic structure and expansion of golden jackals (*Canis aureus*) in Europe and the Caucasus. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 66. Veliko Gradiste, Serbia.
- Spassov, N., Stoyanov, S. (2014): On the specific taxonomic status of the “Egyptian” wolf-jackal *Canis lupaster*. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 20. Veliko Gradiste, Serbia.
- Stoyanov, S. (2014): Golden jackal (*Canis aureus*) diet in Bulgaria. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 38. Veliko Gradiste, Serbia.
- Suchentrunk, F., Markov, G., George, J. P., Smith, S., Heltai, M., Szabó, L., Zachos, F. (2014): A population genetic assessment of the recent expansion of golden jackals (*Canis aureus*) in Europe. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 58. Veliko Gradiste, Serbia.
- Sukara, R., Chochlakis, D., Cakic, S., Mihaljica, D., Penezic, A., Juwaid, S., Cirovic, D., Tselentis, Y., Psaroulaki, A., Tomanovic, S. (2014): Ticks and tick-borne pathogens in golden jackals in Serbia. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 74. Veliko Gradiste, Serbia.
- Szabó, L., Heltai, M., Lanszki, J. (2010): Jackal Versus Livestock – Is it a Real Problem? *Hungarian Agricultural Research*, 19. 4-10.
- Szabó, L., Heltai, M., Szűcs, E., Lanszki, J., Lehoczki, R. (2009): Expansion range of the golden jackal in Hungary between 1997 and 2006. *Mammalia*, 73. 307-311.
- Szabó, L., Lanszki, J., Heltai, M. (2014): The changes of the golden jackal population in Hungary between 2004-2014 on the basis of acoustic population survey. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 10. Veliko Gradiste, Serbia.
- Takács, A., Szabó, L., Juhász, L., Takács, A. A., Lanszki J., Takács P. T., Heltai M. (2014): Data on the parasitological status of golden jackal (*Canis aureus* L, 1758) in Hungary. *Acta Veterinaria Hungarica*, 62. 33-41.
- Talmon, I., Dolev, A., Kapota, D., Ritov, Y., Kahila Bar-Gal, G., Ghendler, Y., Yehuda, Y., King, R., Salzt, D. (2014): The effect of reducing anthropogenic food resources on movement patterns of an overabundant Golden Jackal population. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 16. Veliko Gradiste, Serbia.
- Tizzani, P., Penezic, A., Scaravelli, D., Zanet, S., Cirovic, D. (2014): Prevalence and spatial analysis of the heartworm (*Dirofilaria immitis*) of golden jackal (*Canis aureus*) in Serbia. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 72. Veliko Gradiste, Serbia.
- Tóth, T., Krecsák, L., Szűcs, E., Heltai, M., Huszár, Gy. (2009): Records of the golden jackal (*Canis aureus* Linnaeus, 1758) in Hungary from 1800th until 2007, based on a literature survey. *North-Western Journal of Zoology*, 5. 357-363.

- Trbojević, I., Malešević, D. (2014): Distribution and status of golden jackal *Canis aureus* in Bosnia and Herzegovina. *First International Jackal Symposium: Book of abstracts*, 52. Veliko Gradiste, Serbia.
- Zachos, F.E., Cirovic, D., Kirschning, J., Otto, M., Hartl, G.B., Petersen, B., Honnen, A. (2009): Genetic variability, differentiation, and founder effect in golden jackals (*Canis aureus*) from Serbia as revealed by mitochondrial DNA and nuclear microsatellite loci. *Biochemical Genetics*, 47. 241-250.

Levelezési cím (*corresponding author*):

Lanszki József

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

Környezettudományi és Természetvédelmi Intézet

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

Institute of Environmental Sciences and Nature Conservation

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Tel: 06-82-505-800

e-mail: lanszki.jozsef@ke.hu



How to maintain the effective levels of probiotics throughout the shelf life in yoghurt: A review

É. Varga-Visi, G. Pápai

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ABSTRACT

Retention of probiotic functionality throughout the entire shelf life of probiotic yoghurt can be a challenge for manufacturers. The review was aimed to interpret the factors that have an influence on the growth of probiotic microorganisms in fermented dairy foods, especially in yoghurts. Compatibility between strains is important both for the manufacture and storage of the product. Inoculation with commercial and probiotic cultures results in complex interaction among strains that is advisable to consider during strain selection and setting of fermentation conditions. Processing steps like cold ripening and storage of yoghurt can represent a threat for the viability of probiotic bacteria as an adverse environment is present. The most important factors that can be a matter of concern are the presence of oxygen, low pH and cold stress. Strategies to eliminate the drawback of these conditions based on chemical and enzymatic methods and technological developments with respect to packaging. Growth is strongly influenced by ingredients involved into the food matrix. Incorporation of prebiotics can improve the viability of probiotics during manufacturing and storage of yoghurt and can contribute to the achievement and maintenance of effective cell numbers to confer beneficial effects for the host. The prerequisite of the effective use of prebiotics is their chemical stability under the applied manufacturing conditions.

(Keywords: probiotic viability, bifidobacteria, prebiotics, inulin, yoghurt storage)

INTRODUCTION

The most widely accepted definition of probiotics is that “probiotics are live microorganisms, administered in certain quantities that confer health benefits to the host” (FAO/WHO, 2001). Their positive effect on gut microbiota and gut-associated lymphoid system (GALT) can be utilized if they ingested in adequate amounts (Granato *et al.*, 2010; Divya *et al.*, 2012; Saad *et al.*, 2013). Probiotics can be incorporated in both foods and dietary supplements. While activity of strains is stopped due to low water activity values in tablets or capsules which contain freeze dried cell powders, their microbiological life cycle continues in food matrixes and the number of viable cells is changing during production and storage of foods. The retention of viability of the strains is maybe the greatest challenge in the production of probiotic foods (Divya *et al.*, 2012). Fermented milk products are excellent carrier foods for probiotic microorganisms, moreover yoghurt is considered to be the most popular among them (Divya *et al.*, 2012; Pandey & Mishra, 2015). International Dairy Federation (IDF) defined that a product could be declared as probiotic if the number of viable probiotic cells is more than 10^7 CFU/g in the time of consumption, that is, up to the date of minimum durability (Divya

et al., 2012). In order to achieve the adequate cell number for health effects the applied strains should be compatible with each other. To accomplish this, one should be aware of the interaction between the members of conventionally used yoghurt starter and probiotic starters and accomplish fermentation in such a way that utilize the advantages of possible synergisms and avoid the disadvantageous effects of antagonisms on probiotic cell counts. In addition the sensitivity of strains can also differ regarding ranges of environmental conditions like temperature, redox potential or pH. Storage conditions of yoghurt could especially exert negative effects on probiotics in this respect (Granato et al., 2010). Quality control results of commercialised products showed an adequate enumeration at the time of purchase but counts dropped under the required level before the expiry date as probiotic lactobacilli and bifidobacteria showed a decline in their viability during storage (Paseephol & Sherkar, 2009; Jayamanne & Adams, 2006).

Prebiotics can enhance the viability of probiotics both in the gastrointestinal tract (Charalampopoulos & Rastall, 2012; Divya et al., 2012; Al-Sheraji et al., 2013; Saad et al., 2013) and in foods (Lourens-Hattingh & Viljoen, 2001). Individual oligosaccharides have different capabilities to improve of viability of probiotic strains during the shelf life of yoghurt. Prebiotics are being present during the operation units of yoghurt manufacture therefore their chemical stability has to be evaluated under the applied conditions. In the case of partial or total decomposition during processing they can loss their ability to selectively support the viability of probiotic bacteria.

The review is aimed to summarize the factors that can promote or hamper the development and retention of effective viable probiotic cell counts during the processing and storage of probiotic and symbiotic yoghurts.

Interactions between strains during manufacture of probiotic yoghurt

Yoghurt is resulted from the fermentation of milk with *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. These species cannot be considered as probiotics (Espírito Santo et al., 2011). The most often used probiotic genera in yoghurt are *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* (Holzaphel et al., 1998; Charalampopoulos & Rastall, 2012; Saad et al., 2013; Al-Sheraji et al., 2013). Compatibility among strains is important in the manufacture and storage of the product, and also following consumption as it may exert an effect on the degree of adherence to the intestinal mucosa (Collado et al., 2007).

High populations of *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* can reduce drastically the enumeration of probiotic *L. acidophilus* with the production of hydrogen peroxide that can cause a so called “acidophilus death” (Hull et al., 1984). This antagonism seems to be mutual because the bacteriocin of *L. acidophilus* Acidophilicin LA-1 proved to be active against more strains of *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (Dave & Shah, 1997). Moreover, uncontrollable growth of strains of *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* can cause an over-acidification of yoghurt (Kneifel et al., 1993) that can be intolerable to bifidobacteria being highly sensitive to acidic conditions (Lourens-Hattingh & Viljoen, 2001; Sanz, 2007).

In summary, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* could exert antagonistic effects towards both bifidobacteria and *L. acidophilus* that can be involved in the production of probiotic yoghurts. The other participant of the conventionally used yoghurt culture may have an opposite role. Bifidobacteria are strictly anaerobic, whereas *Str. thermophilus* acts as an oxygen scavenger therefore it improves the viability of *Bifidobacterium* spp. (Ishibashi & Shimanura, 1993). This observation was supported by the fact that *B. lactis* inoculated in milk as binary culture (co-culture) with *Str. thermophilus* had higher counts than the

pure culture of *B. lactis* in the same substrate both after processing and one-week storage (Oliveira *et al.*, 2011).

Strains of probiotic cultures could support each other in growth owing to synergistic effects. Some part of bifidobacteria lacks of proteolytic activity e.g. *Bb. bifidum*. They could be provided with the necessary growth factors in co-fermentations with lactobacilli with proteolytic activity like *L. acidophilus* (Hansen, 1985; Klaver *et al.*, 1993) or *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Str. thermophilus* (Dave & Shah, 1998).

Strains of traditional starters and that of probiotic cultures could have synergistic effect per se but it might be disadvantageous if these bacterial cell cultures are fermented together owing to the antagonistic effects of *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Addition of prebiotic cultures following acidification with the commercial yoghurt culture is not an adequate solution because fermentation is not restricted to the time until the pH reaches the isoelectric point of casein as the post-ripening continues during cold storage. Gilliland and Speck (1977) added probiotic cultures following common yoghurt fermentation and they observed a rapid cell count decline of *L. acidophilus* during cold storage. Nevertheless, when traditional culture and *L. acidophilus* were cultured together from the initial point of fermentation, *L. acidophilus* presumably developed an ability to split hydrogen peroxide produced by *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (Hull *et al.*, 1984; Lourens-Hattingh & Viljoen, 2001) that may contribute to its better survival during cold storage. In the case of bifidobacteria the presence of oxygen eliminating *Str. thermophilus* may be beneficial. Counts of *B. lactis* were higher in a mixed culture in which both *Str. thermophilus* and *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* were included related to enumeration of its pure culture (Oliveira *et al.*, 2011) therefore simultaneous inoculation of *Bifidobacterium* spp. could be suggested during production of probiotic yoghurt.

Effect of environmental conditions on viability of probiotics during manufacture and storage of yoghurt

In the case of mixed fermentations differences in the optimal inoculation temperatures of strains have to be considered. Conventionally used yoghurt starters have an optimum temperature for lactic acid production of approximately 43 °C whereas the optimum growth temperature of bifidobacteria is 37 °C. In order to improve the growth rate of probiotic strains fermentation temperatures between 37 °C and 40 °C were suggested to be effective (Kneifel *et al.*, 1993).

However, several conditions are hard to optimize for the better survival of probiotics. The most important factors that can be a matter of concern are presence of oxygen, low pH and cold stress (Sanz, 2007; Granato *et al.*, 2010). Processing steps of yoghurt can represent a threat for the viability of probiotic bacteria as an adverse environment is present at the end of fermentation during cold ripening and storage. Manufacturers apply several strategies to eliminate these disadvantageous conditions e.g. use packaging containers of low oxygen permeability, select more acid-tolerant strains or trigger their adaptation, or microencapsulate probiotics (Sanz, 2007).

Probiotic bacteria prefer an anaerobic environment. The surface of their matrix is connected to air when yoghurt is processed i.e. stirring is a unique operation when oxygen can be incorporated into the yoghurt. The positive effect of *Str. thermophilus* on the viability of bifidobacteria via elimination of oxygen has been described in the previous section. An enzymatic method was developed to eliminate the remaining oxygen after packaging with glucose oxidase (Cruz, 2010). A chemical alternative was to keep the matrix in reduced state with ascorbate (Dave & Shah, 1998; Zhao & Li 2008). Bifidobacterium strains can be protected from oxygen via microencapsulation

(Talwalkar & Kailasapathy, 2003). Yoghurts are usually stored for more weeks before consumption therefore the oxygen permeability of packaging material can be important with respect to the viability of anaerobic bifidobacteria. Development and application of appropriate packaging materials and systems are necessary to maintain the required levels of probiotics throughout the shelf life in order to guarantee the therapeutic potential of product (Talwalkar & Kailasapathy, 2004; Cruz *et al.*, 2007).

Strategies to eliminate the drawback of low pH on probiotic count can be the selection of acid tolerant strains, promoting stress adaptation, prevention of over-acidification with chemical neutralization of media or depress the fermentation of strongly acidifying strains. The acid tolerance of *Bifidobacterium* spp. is low in general but the toleration limit is strain-dependent. Strains derived from animal sources usually survive better the acidic conditions than those derived from human gastrointestinal tract. The reported pH values which caused growth inhibition were different among strains with the agreement that pH values lower than 4.6 led to the decline in case of most bifidobacteria (Martin & Chou, 1992; Lankaputhra & Shah, 1995; Reilly & Gilliland, 1999; Lourens-Hattingh & Viljoen, 2001; Sanz, 2007). Among bifidobacteria *B. animalis* was reported to have the best ability to survive under acidic conditions (Sanz, 2007).

Most lactobacilli are neutrophilic and their growing optimum is between pH 5 and 9 with the exception of few *Lactobacillus* and *Leuconostoc* species (Granato *et al.*, 2010). Nevertheless, lactic acid bacteria and bifidobacteria have some capabilities to express their acid tolerance that can be induced via facing the acid stress for a short time period. The stress adaptation is achieved with the short exposure to sub-lethal factors resulting tolerance to subsequent lethal conditions (Sanz, 2007, Granato *et al.*, 2010).

Acidification can be hampered with the addition of alkaline hydrolysing salts to the media, e. g. sodium citrate or calcium carbonate to neutralize lactic acid (Zhao & Li, 2008). The growth of *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* can be suppressed and the over-acidification can be avoided if the storage temperature is less than 3–4 °C (Kneifel *et al.*, 1993). Nevertheless, the ratio of bifidobacteria and *L. acidophilus* can change as *Bifidobacterium* spp. are less tolerant to lower temperatures owing to cold stress resulting change in membrane fluidity, DNA/RNA functions and enzymatic activity (Hughes & Hoover, 1995; Corcoran *et al.*, 2007).

The growth of probiotic bacteria with limited proteolytic activity like some bifidobacteria can be supported with available sources of nitrogen. Dairy matrix can be supplemented with whey derivatives, hydrolyzed proteins or free amino acids and viability of probiotic strains can be enhanced. Parallel these authors also described an improvement in structural properties like firmness and syneresis (Antunes *et al.*, 2005; Zhao & Zhang, 2006). However, the economics of this step should be considered and the quantity of addition should be optimized (Granato *et al.*, 2010).

Application of prebiotics in yoghurt with special respect to the viability of probiotics throughout the self-life of product

The terms of “dietary fibre” and “prebiotic” are similar in that respect that both of them describes carbohydrates that resist to mammalian enzymes and gastric juice but can be partially fermented by gut bacteria. Perhaps the main difference between these groups is that prebiotics have been proved to selectively support the fermentation in the large intestine towards the beneficial microorganisms of the host. The combination of probiotics and prebiotics in foods results synbiotics. In symbiotic products the delivery and implantation of living organisms into the microbiota of gastrointestinal tract is improved with their selective substrates (Divya *et al.*, 2012; Al-Sheraji *et al.*, 2013).

The most often used types of prebiotics are galactooligosaccharides (GOS), fructooligosaccharides (FOS), inulin and its hydrolyzates (Al-Sheraji *et al.*, 2013), whereas isomalto-oligosaccharides (IMO), xilo-oligosaccharides (XOS), soybean oligosaccharides (SOS) and resistant starch are emerging prebiotics (Divya *et al.*, 2012; Charalampopoulos & Rastall, 2012; Saad *et al.*, 2013). The group of prebiotics is continuously increasing. Nowadays prebiotics are included in food products primarily to promote a balanced gut microbiota. Initially their application started as these carbohydrates can improve the techno-functional properties of foods like viscosity, emulsification capacity, gel formation and colour. Prebiotics can be used instead of those food technological additives that do not have an advantageous effect on health (Zimeri & Kokini, 2003; Al-Sheraji *et al.*, 2013; Saad *et al.*, 2013). Inulin and FOS can be used to restore the textural and organoleptic properties of low fat yoghurts (Ramchandran & Shah, 2010). These prebiotics were reported to reduce syneresis and improve organoleptic properties with the development of mouthfeel especially in low-fat dairy products (Franck, 2002; Aryana *et al.*, 2007; Kip *et al.*, 2006). Prebiotics can contribute to the dietary fibre intake of human but in a negligible extent compared with those derived from the consumption of other sources like fruits and vegetables.

Prebiotics improve selectively the viability of advantageous indigenous bacteria, moreover, can also exert a synergic effect on probiotics in food products during manufacture and storage (Lourens-Hattingh & Viljoen, 2001). A substantial issue is whether the probiotic cell count is high enough in the time of ingestion to provide beneficial effects for the consumer. In this respect prebiotics can promote the development and maintenance of an adequate viable cell number of probiotic bacteria during the whole shelf-life of the product.

Inulin term covers a variety length of oligosaccharides containing β -2,1-linked fructosyl moieties with terminal glucosyl residue. Inulins can be obtained by direct extraction from natural sources e.g. chicory or produced by chemical or enzymatic hydrolysis of polysaccharides or synthesis from disaccharides (Charalampopoulos & Rastall, 2012; Saad *et al.*, 2013). Varying composition may cause differences in their properties to facilitate the fermentation of probiotics therefore their detailed description is necessary in citing relevant results. The degree of polymerization (DP) of fructose molecules generally ranged from 2 to 60. High performance (HP) inulin products do not contain small molecular weight oligomers, their DP ranges from 11 to 60 with an average of 25. This abbreviation refers to their high potential of acting as a fat substitute to enhance fat-like creamy mouth-feel (Roberfroid, 1999) and does not refers to the degree of selective supplementation of probiotic strains.

In general, incorporation of inulin enhanced the enumerations of bifidobacteria to a greater extent than that of probiotic *Lactobacillus* spp. during processing and storage of fermented milk products (Oliveira *et al.*, 2011; Ramchandran & Shah, 2010; Özer *et al.*, 2005; Roberfroid *et al.*, 1998). Addition of 4% (wt/wt) "Beneo TM" inulin (DP=10) increased the cell number of *B. lactis* with almost one order of magnitude related to probiotic yoghurt without inulin addition at the end of the manufacture, moreover this high level of CFU was maintained until the end of one-week storage. In the presence of inulin the cell count was above 10^8 CFU/ml throughout the first week, while enumeration was below this value without prebiotics. In the case of probiotic lactobacilli (*L. acidophilus* and *L. rhamnosus*) the prebiotic effect of inulin was not so emphasized, although tests showed significant differences in some cases the effect was approximately one-tenth less than for *B. lactis* (Oliveira *et al.*, 2011). Similar results were obtained when *L. acidophilus*, *L. rhamnosus* and *B. lactis* were fermented separately in dual

cultures (co-cultures) with *Str. thermophilus*, that is, in the presence of inulin the highest CFU increment was detected for *B. lactis* (Oliveira *et al.*, 2009a). However, bifidogenic effect of inulin was more emphasized in single strain cultures (Oliveira *et al.*, 2011) or in dual cultures (Oliveira *et al.*, 2009a) than in mixed cultures with similar strains used during yoghurt fermentation (Oliveira *et al.*, 2009b).

Raftiline HP[®] is an inulin obtained from hot water extract from chicory roots with DP more than 23. Its bifidogenic activity was confirmed as inclusion of 1% (wt/vol) of it in reconstructed skim milk (RSM) almost doubled the increment of CFU for *B. longum*. The effect of this inulin on *L. casei* and *L. acidophilus* was not significant in doses from 1 to 3% (Ramchandran & Shah, 2010), that is the effect on lactobacilli was not so emphasized, related to bifidobacteria, similar to “Beneo TM” (Oliveira *et al.*, 2011). Moreover, higher doses (2 and 3%) of Raftiline HP[®] did not result in further growth improvement in the case of *B. longum* (Ramchandran & Shah, 2010).

Paseephol & Sherkat (2009) detected a reverse effect i.e. various inulins had more capability to enhance the enumeration of lactobacilli related to bifidobacteria. Three types of inulins (medium chain DP=10 Raftilose[®] P95 and short chain DP=4 Raftilone[®] GR derived from chicory, moreover Jerusalem artichoke inulin DP=9) increased more effectively the cell count of *L. casei* than that of *Bb. bifidum*. However, the base medium of growth was carbohydrate-free MRS broth that was completely different related to previous experiments when the cultures were inoculated to milk or reconstituted milk (Özer *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2009a; Oliveira *et al.*, 2009b; Oliveira *et al.*, 2011; Ramchandran & Shah, 2010).

The growth of monoculture of *L. acidophilus* and *L. casei* on direct carbon deficient MRS medium was supported effectively by SOS, FOS and inulin while arabinogalactan based commercial products and β -glucans were less effective. Similar trends were observed for *B. animalis* on a carbon source deficient RCM base medium (Su *et al.*, 2007).

Growth of some *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains were investigated on MRS broth in the presence of commercial FOS and inulin products, moreover purified GOS. The prebiotic activity of oligosaccharides was expressed as they contribute to the growth related to the same ratio (1% wt/vol) of glucose in the broth. Different types of prebiotics used as carbon source exerted very similar growth effects for bifidobacteria under investigation i.e. strains of *B. breve*, *B. infantilis*, *B. adolescentis*, *B. longum*. However, there were notable differences in growth of *Lactobacillus* ssp. when utilizing the same carbon source for each type of prebiotics applied. Moreover, results clearly indicated that the utilization of prebiotics can be strain-dependent as there were significant differences between *L. acidophilus* NCFM and *L. acidophilus* 33200 in the case of the growth effects of all FOS and inulin products, all of them supporting better the growth of NCFM strain (Huebner *et al.*, 2007).

Lactulose has been shown to be more effective prebiotics than inulin with respect to the growth of *Bb. bifidum* BB-02 and *L. acidophilus* LA-5 in yoghurt (Özer *et al.*, 2005). Amylose maize starch containing resistant starch (Hi-maize[®]) enhanced the enumerations of *L. acidophilus* and *L. casei* in freshly prepared yoghurt, related to prebiotic-free product. However, this type of resistant starch proved to be a less potent prebiotic than inulin as cell numbers following production were significantly higher when inulin was applied, related to Hi-maize[®]. Moreover, yoghurt samples were also investigated during cold storage for four weeks. The CFU values of products supplied with inulin practically did not change while the cell numbers in products produced with addition of amylose maize starch declined continuously during storage and dropped to

the level of yoghurts without prebiotics at the second and the fourth level of storage for *L. casei* and *L. acidophilus*, respectively (Donkor *et al.*, 2007).

Chemical stability of prebiotics during processing of yoghurt

Prebiotics must be chemically stable during food manufacture. Selective stimulation of beneficial microorganisms cannot be provided if these oligosaccharides are chemically altered, e.g. hydrolyzed to their sugar units. In the case of yoghurt thermal treatment of milk mixed with prebiotics is a requisite to meet the requirements of microbiological safety therefore possible deterioration of these substrates can be a matter of concern.

Stability of oligosaccharides was evaluated mostly in low-pH-buffered model systems and non-dairy food matrixes. In the case of fruit juices pasteurizing prior to packaging may generate losses. GOS proved to be stable at different sort of pasteurization processes in various fruit juices with acidic pH, while inulin and FOS partially hydrolyzed (Charalampopoulos & Rastall, 2012). In the case of yoghurt production there is no coexistence of low pH and high temperature as heat treatment is carried out before fermentation when the pH of the raw milk is near to neutral.

Huebner and co-workers (2008) applied not only acidic but also neutral condition in model solutions of inulin and FOS based commercial prebiotics. Buffered solutions were heat treated at 85 °C for 30 min. Inulin products Inulin-S and Raftiline HP derived from chicory proved to be stable between pH values from 5 to 7 while in the case of FOS based Raftilose P95 authors did detect decline in the prebiotic activity related to control irrespectively to the pH of the solution. In this latter case partial hydrolysis of glycoside bonds was very likely based on the results of HPLC analysis. The decrease of prebiotic activity was proportional to the decrease of pH between pH 7 and 4, presumably hydrolysis is promoted by acid catalysis. However, if hydrolysis is not complete just partial, strains that can utilize oligosaccharides with lower degree of polymerization (DP) better, gain an advantage from this chemical alteration. Nevertheless, in the absence of knowledge of these deteriorations authors could drown wrong conclusions regarding oligosaccharid utilization of strains with respect to DP.

CONCLUSIONS

The viability of probiotics in yoghurt depends on several microbiological and environmental factors that are determined by processing technologies. Interaction between strains can be quite different in a real product in which at least two mixed cultures moreover real food matrix is present related to model experiments in which some of the typical strains are missing and/or fermentation is carried out in microbiological substrates. However, interaction network between individual participants of the microbiota in yoghurt can be explored with simultaneous experiments with single strains and co-cultures.

Manufacturers are intent on optimizing the producing parameters in order to obtain and maintain the required probiotic cell numbers up to the date of minimum durability, however, in yoghurt an adverse environment is present for probiotics throughout cold storing owing to factors like low temperature and pH and the viability of the cells can be threaten. Addition of prebiotic oligosaccharides to the food matrix can improve significantly the viability of strains. Nowadays several novel prebiotics are under investigation. Providing probiotic strains with potential candidates of prebiotics as single carbon sources in microbiological substrates can be a useful tool as the first step to

evaluate their utilization. In the case of positive response the next step could be the accomplishment of co-fermentation with commercial starters in milk.

There are several well designed studies for the investigation of survival of bifidobacteria and lactobacilli in milk supplemented with inulin. The effect of inulin on viability has been evaluated in mono- binary- and mixed cultures. There is sparse information on the effectiveness of other probiotics in the case of yoghurt. The utilization of emerging probiotics was evaluated mostly in microbiological substrates and not in foods.

The effect of pasteurization on the chemical stability of prebiotics was studied in model solutions and in acidic fruit based products. Based on the scarce existing data the food matrix has had an effect on prebiotic stability. Authors cannot obtain available information on the effect of heat treatments applied before fermentation of dairy foods on the integrity of prebiotics.

ACKNOWLEDGEMENTS

Gréta Pápai's PhD scholarship is granted by the Hungarian government.

REFERENCES

- Al-Sheraji, S.H., Ismail, A., Manap, M.Y., S. Mustafa, S., Yusof R.M., Hassan, F.A. (2013): Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5. 1542-1553.
- Antunes, A.E.C., Cazetto, T.F., Bolini, H.M.A. (2005): Viability of probiotic micro-organisms during storage, postacidification and sensory analysis of fat-free yogurts with added whey protein concentrate. *Int. J. Dairy Technol.*, 58. 169-173.
- Aryana, K.J., Plauche, S., Rao, R.M., McGrew, P., Shah, N.P. (2007): Fat-free plain yoghurt manufactured with inulins of various chain lengths and *Lactobacillus acidophilus*. *J. Food Sci.*, 72. 79-84.
- Charalampopoulos D., Rastall R.A. (2012): Prebiotics in foods. *Curr. Opin Biotech.*, 23. 187-191.
- Collado, M.C., Meriluoto, J., Salminen S. (2007): Development of new probiotics by strain combinations: is it possible to improve the adhesion to intestinal mucus? *J. Dairy Sci.*, 90. 2170-2176.
- Corcoran, B.M., Stanton, C., Fitzgerald, G., Ross R.P. (2007): Life under stress: the probiotic stress response and how it may be manipulated. *Curr Pharm Design* 14. 1382-1399.
- Cruz, A.G, Faria, A.F.J., Van Dender, A.G.F. (2007): Packaging system and probiotic dairy foods. *Food Res. Int.*, 40. 951-956.
- Cruz, A.G., Cadena, R.S., Walter, E.H.M., Mortazavian, A.M., Granato, D., Faria, J.A.F., Bolini H.M.A. (2010): Sensory analysis: Relevance for prebiotic, probiotic, and synbiotic product development. *Comp. Rev. Food Sci. F.*, 9. 358-373.
- Dave, R.I., Shah, N.P. (1997): Characteristics of bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* LA-1. *Int. Dairy J.*, 7. 707-715.
- Dave, R.I., Shah, N.P. (1998): Ingredients supplementation effects on viability of probiotic bacteria in yogurt. *J. Dairy Sci.*, 81. 2804-2816.
- Divya, J.B., Varsha, K.K., Nampoothiri, K.M., Ismail B., Pandey A. (2012): Probiotic fermented foods for health benefits. *Eng. Life Sci.*, 12. 377-390.
- Donkor, O.N., Nilmini, S.L.I., Stolic, P., Vasiljevic, T., Shah, N.P. (2007): Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. *Int. Dairy J.*, 17. 657-665.

- Espirito-Santo, A.P., Perego, P., Converti A. & Oliveira M.N. (2011): Influence of food matrices on probiotic viability. A review focusing on the fruity bases. *Trends Food Sci. Tech.*, 22. 377-385.
- Franck, A. (2002): Technological functionality of inulin and oligofructose. *Brit. J. Nutr.*, 87, S287-S291.
- Gilliland, S.E. & Speck, M.L. (1977): Instability of *Lactobacillus acidophilus* in yogurt. *J. Dairy Sci.*, 60. 1394-1398.
- Granato, D., Branco, G. F., Cruz, A.G., Faria, J.A.F. & Shah, N.P. (2010): Probiotic dairy products as functional foods. *Comp Rev Food Sci. F.*, 9. 455-470.
- Hansen, R. (1985): Bifidobacteria have come to stay. *North European Dairy Journal*, 3. 1-6.
- Holzappel, W.H., Haberger, P., Snel, J., Schillinger, U. & Huis in't Veld, J.H.J. (1998): Overview of gut flora and probiotics. *Int. J. Food Microbiol.*, 41. 85-101.
- Huebner J., Wehling R.L., Parkhurst A., Hutkins R.W. (2008): Effect of processing conditions on the prebiotic activity of commercial prebiotics. *Int. Dairy J.*, 18. 287-293.
- Huebner, J., Wehling, R.L., Hutkins R.W. (2007): Functional activity of commercial prebiotics. *Int. Dairy J.*, 17. 770-775.
- Hughes, D.B., Hoover, D.G. (1995): Viability and enzymatic activity of bifidobacteria in milk. *J. Dairy Sci.*, 78. 268-276.
- Hull, R.R., Roberts, A.V., Mayes, J.J. (1984): Survival of *Lactobacillus acidophilus* in yoghurt. *Aust. J Dairy Technol.*, 39. 164-166.
- Ishibashi, N., Shimamura, S. (1993): Bifidobacteria: Research and development in Japan. *Food Technol.*, 47. 129-134.
- Jayamanne, V.S., Adams, M.R. (2006): Determination of survival, identity and stress resistance of probiotic bifidobacteria in bioyoghurts. *Lett. Appl. Microbiol.*, 42. 189-194.
- Kip, P., Meyer, D., Jellema, R.H. (2006): Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *Int. Dairy J.*, 16. 1098-1103.
- Klaver, F.A.M., Kingma, F., Weerkamp, A.H. (1993): Growth and survival of bifidobacteria in milk. *Neth. Milk Dairy J.*, 47. 151-164.
- Kneifel, W., Jaros, D., Erhard, F. (1993): Microflora and acidification properties of yogurt and yogurt-related products fermented with commercially available starter cultures. *Int. J. Food Microbiol.*, 18. 179-189.
- Lankaputhra, W.E.V., Shah, N.P. (1995): Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* species in the presence of acid and bile salts. *Cultured Dairy Products Journal*, 30. 113-118.
- Lourens-Hattingh, A., Viljoen, B.C. (2001): Yogurt as probiotic carrier food. *Int. Dairy J.*, 11. 1-17.
- Martin, J.H., Chou, K.M. (1992). Selection of Bifidobacteria for use as dietary adjuncts in cultured dairy foods: 1- tolerance to pH of yogurt. *Cultured Dairy Products Journal*, 27. 21-26.
- Oliveira, R.P.S., Perego, P., Converti, A., Oliveira, M.N. (2009a) Growth and acidification performance of probiotics in pure culture and co-culture with *Streptococcus thermophilus*: The effect of inulin. *LWT-Food Sci. Technol.*, 42. 1015-1021.
- Oliveira, R.P.S., Perego, P., Converti, A., Oliveira, M.N. (2009b): Effect of inulin on growth and acidification performance of different probiotic bacteria in co-cultures and mixed culture with *Streptococcus thermophilus*. *J. Food Eng.*, 9. 133-139.
- Oliveira, R.P.S., Perego, P., Oliveira, M.N., Converti, A. (2011): Effect of inulin as a prebiotic to improve growth and counts of a probiotic cocktail in fermented skim milk. *LWT-Food Sci. Technol.*, 44. 520-523.

- Özer, D., Akin, S., Özer, B. (2005): Effect of inulin and lactulose on survival of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium bifidum* BB-02 in acidophilus-bifidus yoghurt. *Food Sci. Technol. Int.*, 11. 19-24.
- Pandey, S.M., Mishra H.N. (2015): Optimization of the prebiotic & probiotic concentration and incubation temperature for the preparation of synbiotic soy yoghurt using response surface methodology. *LWT-Food Sci. Technol.*, 62. 458-467.
- Paseephol, T., Sherkat, F. (2009): Probiotic stability of yoghurts containing Jerusalem artichoke inulins during refrigerated storage. *Journal of Functional Foods*, 1. 311-318.
- Reilly, S.S., Gilliland, S.E. (1999): *Bifidobacterium longum* survival during frozen and refrigerated storage as related to pH during growth. *J. Food Sci.*, 64. 714-718.
- Ramchandran, L., Shah N.P. (2010) Influence of addition of Raftiline HP on the growth, proteolytic, ACE- and α -glucosidase inhibitory activities of selected lactic acid bacteria and *Bifidobacterium*. *LWT-Food Sci. Technol.*, 43. 146-152.
- Roberfroid, M.B. (1999): Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. *J. Nutr.*, 129. 1398S-1401S.
- Roberfroid, M.B., van Loo, J.A.E., Gibson, G.R. (1998): The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *J. Nutr.*, 128. 11-19.
- Saad, N., Delattre, C., Urdaci, M., Schmitter, J.M., Bressollier, P. (2013): An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. *LWT-Food Sci. Technol.*, 50. 1-16.
- Sanz, Y. (2007): Ecological and functional implications of the acid-adaptation ability of *Bifidobacterium*: A way of selecting improved probiotic strains. *Int. Dairy J.*, 17. 1284-1289.
- Su, P., Henriksson, A., Mitchell, H. (2007): Selected prebiotics support the growth of probiotic mono-cultures in vitro. *Anaerobe*, 13. 134-139.
- Talwalkar, A.I., Kailasapathy, K. (2003): Effect of microencapsulation on oxygen toxicity in probiotic bacteria. *Aust. J. Dairy Technol.*, 58. 36-39.
- Talwalkar, A.I., Kailasapathy, K. (2004): The role of oxygen in the viability of probiotic bacteria with reference to *L. acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. *Current Issues in Intestinal Microbiology*, 5. 1-8.
- Zhao, X.H., Li, D. (2008): A new approach to eliminate stress for two probiotics with chemicals in vitro. *Eur. Food Res. Technol.*, 277. 1569-1574.
- Zhao, H., Zhang, L. (2006): Growth of probiotic bacteria in milk supplemented with protein hydrolysate. *China Dairy Ind.*, 44. 16-18.
- Zimeri, J.E., Kokini, J.L. (2003): Rheological properties of inulin waxy maize starch systems. *Carbohydr Polym.*, 52. 67-85.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization – FAO/WHO. (2001): Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. *Córdoba, Spain: Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization*. 34 p.

Corresponding author (levelezési cím):

Éva Varga-Visi

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

H-7401 Kaposvár, P.O. Box 16.

Tel.: 36-82-505-800, Fax: 36-82-321-749

e-mail: vargane.eva@ke.hu



A Sous-vide, mint kéméletes hőkezelési technológia élelmiszer-higiéniai vonatkozásai

¹Szücs P., ²Vajda K., ¹Szigeti J., ¹Molnár J., ¹Lakatos E., ¹Ásványi B.

¹Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Élelmiszertudományi Intézet
H-9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony u. 15-17.

²Nyugat-magyarországi Egyetem, Apáczai Csere János Kar, Turizmus Intézet
H-9022 Győr, Liszt Ferenc utca 42.

ÖSSZEFOGLALÁS

A világ népességének növekedésével a humán élelmiszer-ellátás, sőt még a takarmányozás is egy sajátos kettősséggel találta magát szemben: egységnyi területről minél több élelmiszer és takarmány alapanyagot (biomasszát) előállítani és feldolgozni úgy, hogy azok a fogyasztó szempontjából kedvező beltartalmi mutatókkal rendelkezzenek. Ennek egyik megvalósítási lehetősége a sous-vide (vákuum alatt) technológia, amelyet a kéméletes hőkezelések közé sorolunk. Kísérleteikben mind vákuumcsomagolásban, mind pedig légköri nyomáson csomagolt (kontroll) és mesterségesen befertőzött élelmiszer mátrixokat (darált sertéshús és zöldség mix) hőkezelték ezen kéméletes technológiát modellezve. Ennek során meghatározták a különböző hőfokokon (50–65 °C) és hűtési idővel (10–40 perc) végzett hőkezelések *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, valamint *Zygosaccharomyces bailii* fajok pusztulási paramétereire (*k*-érték, *D*-érték, *z*-érték) gyakorolt hatását. A pusztulási görbéket a hőkezelések során túlélő sejtek száma alapján vették fel, melyek kimutatására klasszikus tenyésztési mikrobiológiai módszereket alkalmaztak. *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T törzssel befertőzött minták túlélő sejtek számában szignifikáns különbséget a kontroll mintákhoz képest hús mátrixban 55 és 60 °C-os hűtési idő mellett kaptak. *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 törzs mindhárom hőfokon (55, 60 és 65 °C) hús mátrixban végzett hűtési idejének eredményei szignifikáns különbséget mutattak. *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954 típus törzsével befertőzött minták zöldség mixben végzett hőkezelése a túlélő sejtek számában mindhárom hűtési időfokon (50, 55 és 60 °C) szignifikáns különbséget eredményezett. A sous-vide elvekkel összhangban definiálták azon minimális hőkezelési paramétereket, amelyekkel a vizsgált fajok száma a 6D elvet figyelembe véve biztonságos szintre csökkenthető, biztosítva ezzel a termékek mikrobiológiai stabilitását.

(Kulcsszavak: *Listeria*, *Staphylococcus*, *Zygosaccharomyces*, hőpusztulás)

ABSTRACT

The food hygiene aspects of the Sous-vide, as a mild heat treatment technology

P. Szücs¹, K. Vajda,² J. Szigeti¹, J. Molnár¹, E. Lakatos¹, B. Ásványi¹

¹University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences, Institute of Food Sciences,
H-9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony u.15-17

²University of West Hungary, Apáczai Csere János Faculty, Institute of Tourism, H-9022 Győr, Liszt Ferenc u.42

Due to the world population growth, human food supply and even the feeding faced a peculiar dichotomy: producing and processing the more food and feed material (biomass) per unit area in such a way as to have favorable nutritional indicators to consumers. To accomplish this, there is a great opportunity called sous-vide (French word for 'under vacuum') technology, which is classified as a gentle heat treatment. In they researches, they heat treated artificially preserved food matrixes (minced pork and vegetable mix) which were packed under vacuum and atmospheric pressure (control) modelling this gentle heat treatment. They determined the effects of heat treatments with different temperatures (50–65 °C) and holding times (10–40 minutes) on the mortality parameters (k-value, D-value, z-value) of species like Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, and Zygosaccharomyces bailii. The mortality curves were based on the number of surviving cells during heat treatments. To detect them, classical microbiological methods were used. According to they results, a significant difference in the number of surviving cells was experienced on 55 to 60 °C holding time in meat matrix. This occurred in the case of samples inoculated by Listeria monocytogenes NCAIM B.01373^T strains and the control samples as well. Heat holding results of Staphylococcus aureus ATCC 25923 strain showed a significant difference in meat matrix (on three temperatures: 55, 60 and 65 °C). As for the number of surviving cells, heat treatment of samples inoculated by Zygosaccharomyces bailii NCAIM Y.00954^T type strain resulted a significant difference in vegetable mix on all three heat holding temperatures (50, 55 and 60 °C). In accordance with the sous vide principles, they defined the minimum heat treatment parameters with which the number of the test species, considering the 6D principle, can be reduced to a safe level. This ensures the microbiological stability of the products.

(Keywords: Listeria, Staphylococcus, Zygosaccharomyces, thermal death)

BEVEZETÉS

A mikrobiota és az élelmiszer-biztonság kapcsolata

Az élelmiszerlánc szereplői közül a tartósítóiipar napjainkig különös jelentőséggel bír. Mióta az urbanizáció következtében a termelés, feldolgozás és a fogyasztás időben és térben egyaránt elkülönül, egyetlen élelmiszer-előállítási folyamat sem képzelhető el nélküle. Az élelmiszer eredetű megbetegedések világszerte jelentős, és egyre növekvő problémát jelentenek, melyek előidézésében a patogén mikroorganizmusok között kell megemlíteni az élelmiszer-fertőzést, vagy élelmiszermérgezést okozó baktériumokat, a mikotoxint termelő fonalas gombákat, valamint az élelmiszer eredetű parazitákat (Knura et al., 2006). A WHO (World Health Organization) a fejlett ipari országok vonatkozásában évente 10–30 %-ra becsüli az élelmiszer eredetű megbetegedések számát (WHO, 2007). Az élelmiszereredetű megbetegedések kialakulásába érintett élelmiszerek közül legnagyobb arányban 40 %-ban a tojás és tojástartalmú étel szerepe mutatható ki. Hús- és hústermékek 15%-ban, több összetevőkből álló ételek 10%-ban, tej-és tejtermékek 8%-ban, hal és kagylófélék 5%-ban, zöldségfélék 4%-ban. (Rodler,

2007). A bakteriológiai élelmiszer-biztonságot veszélyeztető kórokozók tekintetében a leggyakoribb az állati eredetű élelmiszerek okozta zoonózisok kockázata, a keresztszennyeződések, a patogének átjutása a szennyezett nyers élelmiszerről más élelmiszerekre. E lehetősége révén azonban az élelmiszerek szélesebb körében is szerepet játszhatnak az állati eredetű élelmiszereket szennyező kórokozók (Szeitzné, 2008). Az élelmiszereket általánosságban biztonságosnak tekintjük, feltételezve, hogy megfelelő gondossággal állították elő, készítették el, tárolták és kezelték (Constable *et al.*, 2007).

A mikrobiológiai élelmiszer-biztonság helyzetének megítélésére az élelmiszer eredetű megbetegedések, valamint az élelmiszerláncban észlelt mikrobiológiai szennyeződések alakulása ad információt. Az egyik ilyen ágens a patogenitása miatt kiemelkedő faj a *Listeria monocytogenes*. A fajt az állati megbetegedés kórokozójaként Murray már 1926-ban leírta. Miután a fertőzés egyik jellegzetes tünete a monocytosis, első neve *Bacterium monocytogenes* volt, melyet később a neves tudós, Lister tiszteletére *Listerella monocytogenes*-nek nevezték el. Az élelmiszerek széles köréből kimutatták már. Megtalálható feldolgozatlan állati eredetű élelmiszerekben, nyers tejben, húspan, halban, zöldségeken, gyümölcsökön, de kimutatható feldolgozott és fogyasztásra kész élelmiszerekben, csakúgy, mint sajtokban, jégkrémekben, húskészítményekben az utószennyeződés következményeként (Guerra *et al.*, 2001), valamint hűtőhőmérsékleten tárolt nyers élelmiszerekben, melyek a fertőződés forrásai is egyben.

A *Staphylococcus aureus* szintén az élelmiszer-higiéniai szempontból jelentős fajokhoz tartozik. A gram-pozitív baktériumot 1874-ben Billroth mutatta ki, és Pasteur tenyésztette ki először emberi seb gennyéből. Fakultatív anaerob, mezofil baktérium, amely a legrezisztensebb nem spórás fajok közé tartozik, így a kiszáradást jól tűri. Nyers húsokban és feldolgozáson keresztülment félkész, kész ételekben egyaránt veszélyt jelent. Olyan húsok, amelyek erőteljesebb kezelést, előkészítést igényelnének, vagy amelyeket szobahőmérsékleten tartanak az elkészítés után, ételmérgezést, toxikoinfekciót is okozhatnak. Élelmiszerekbe kerülve elszaporodhat, és megfelelő körülmények között toxinokat termel (A, B, C1, C2, C3, D, E), köztük hőstabil enterotoxint is, amely 100 °C-on egy óra elteltével is aktív marad. Az ételmérgezést kiváltó toxintermeléshez több mint 10^6 sejt/g szükséges. A *Staphylococcus intoxicatio* a világon a leggyakrabban előforduló ételmérgezés. Ez annak ellenére így van, hogy minden lehetőséget megtesznek a visszaszorítására. Európában és Magyarországon az esetszámot tekintve a második helyen áll a Salmonellosis után (Bíró, 2014).

Az élelmiszeriparban széles körben elterjedt *Zygosaccharomyces bailii* élesztőgomba kivételes toleranciája miatt jelentős gazdasági veszteségeket okozhat. A faj a gombák *Ascomycota* törzsébe ezen belül a *Saccharomycetes* osztályába tartozik. Kiemelkedő tulajdonsága, hogy ellenáll a gyenge savaknak és tartósítószernek, mint az ecetsav, tejsav, propionsav, benzoosav és szorbinsav. A *Zygosaccharomyces bailii* képes tolerálni a magas etanol koncentrációt ($\geq 15\%$ (v/v)). Széles pH tartományok (pH= 2,0 – 7,0) és vízáktívítási viszonyok ($a_w=0,80 - 0,99$) között is képes a szaporodásra, valamint magas cukor (50–60%) és ecetsav (2,0–2,5%) toleranciát mutat. Erőteljesen fermentálja a cukrokat és ellentétben a legtöbb más élesztővel gyorsabban metabolizálja a fruktózt mint a glükózt, így sokkal gyorsabban mutat növekedést fruktózt tartalmazó ($\geq 1\%$ w / w) élelmiszereknél (Erickson és McKenna, 1999).

A suos-vide technológia

A világ népességének növekedésével a humán élelmiszer-ellátás, sőt még a takarmányozás is egy sajátos kettősséggel találta magát szemben: egységnyi területről

minél több élelmiszer és takarmány alapanyagot (biomasszát) előállítani és feldolgozni, úgy hogy azok a fogyasztó szempontjából kedvező beltartalmi mutatókkal rendelkezzenek. Az előbbi törekvés érhető utol a GMO megjelenésében, amelyet a feldolgozási kapacitások sokszor csak késve reagáltak le. A klasszikus nagyipari tartósító technológiák nagy mennyiségű, és a technológia szempontjából változatos élelmiszer alap-, adalék- és segédanyag költséghatékony kezelését végzik, amely feltételezi az élelmiszer-mátrixba való gyors és drasztikus beavatkozást. Az ilyen feldolgozási technológiák – szemben a „kéméletes technológiákkal” – az élelmiszer beltartalmi paramétereire általában kedvezőtlenül hatnak. A tömegtermelésen túl egyrészt – mondjuk ki őszintén – a divatirányzatok, másrészt az egészségtudatosabb táplálkozás következtében az élelmiszer garanciális minőségén túl előtérbe került a fogyasztók elvárt (funkcionális) igényeinek kielégítése is. A feldolgozási és tartósítási technológiák elmozdulása ebbe az irányba napjainkig tart. Azt már mi is tudjuk nagyszüleinktől, hogy a jó ételek elkészítésének titka a lassú, takaréklángon történő sütés-főzés. Ez nem újkori találmány, már évszázadokkal ezelőtt különböző népcsoportok világszerte, egymástól függetlenül eredményesen használták. (URL¹)

Nemcsak tapasztalatból, de Leistner óta egzakt módon kifejezve is tudjuk, hogy az élelmiszerre ható, önmagukban enyhe behatások összességében tartós élelmiszert eredményeznek. A gát elv e sajátos alkalmazását valósítja meg a kombinált tartósítások közé sorolható sous-vide technológia, amely az élelmiszer mátrixra – sőt a mátrixban – ható biotikus és abiotikus tényezőket úgy kombinálja, hogy azok a folyamat végére egy tartós terméket eredményeznek, amely beltartalmi és organoleptikus tulajdonságait tekintve is szignifikánsan jobbak az üzemi/ nagyüzemi feldolgozású hasonló termékeknél. A sous-vide (ejtsd: szu vid, magyarul vákuum alatt) egy francia kifejezés az élelmiszer fóliás csomagolását, vákuumozását, majd a csomagban való kéméletes hőkezelését jelenti, amely minden esetben 100 °C alatti hőkezelést jelent. Az eljárás során a nyersanyagot, vagy a félkész élelmiszert szigorúan kontrollált körülmények között (hőmérséklet és időtartam) hőálló vákuumtasakokban főzzük. A sous-vide alapja és lényege, hogy minden alapanyagot és terméket a saját összetevőinek függvényében hőkezelnek, figyelembe véve annak biológiai és kémiai tulajdonságait. Függően a nyersanyagok összetételétől - legyen az marhahús, hal, vagy zöldség - mindent külön hőmérsékleten kezelnek, ezáltal az optimális eredmény elérése lényegesen kevesebb sejtszerkezeti roncsolással valósítható meg. Nem egy konyhaművészeti megoldásról van tehát elsősorban szó, hanem tudományról. A sous-vide technológia sikeressége nagyon sok tényező függvénye: az állat kora, a hús összetétele, sejtszerkezete, a hőkezelés célja, direkt, vagy indirekt a főzési módszer, a pasztörözés a cél, vagy az azonnali fogyasztás, resz állag, vagy a teljes puhulás. Ezen diverzitás az oka annak, hogy a sous-vide, mint kéméletes hőkezelési technológia a termék minősége szempontjából nem feltétlenül jelent biztonságot a romlást okozó mikroorganizmusok elpusztítását illetően. Az élelmiszer-biztonság szempontjából szükséges tehát meghatározni és kimérni az egyes alapanyag mátrixok összetételétől, és mikrobiális terheltségétől függően a pusztulási paramétereket, növelve ezzel az élelmiszer-biztonságot.

Célkitűzések

Munkánk célja az volt, hogy megvizsgáljuk a sous-vide termékek mikrobiotájából a *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, valamint a *Zygosaccharomyces bailii* esetében ezen tartósítási technológia pusztulási kinetikára gyakorolt hatását. További célkitűzésünk volt, hogy a sous-vide elvekkel összhangban meghatározzuk azon

minimális hőkezelési paramétereket, amelyekkel ezen fajok száma a biztonságos szintre csökkenthető.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer tudományi Karának Élelmiszertudományi Intézetében működő NAT-1-1674/2012 számon akkreditált Élelmiszer és Vízvizsgáló laboratóriumában végeztük. Kísérleteinkben két baktérium a *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T típus törzsének és koaguláz pozitív *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 törzsének hőpusztulását vizsgáltuk vákuum csomagolt élelmiszer mátrixban (sertés hús) sous-vide technológiát modellezve. Kontrollként légköri nyomáson csomagolt mintákat alkalmaztunk. Vizsgálatainkat eltérő hőfokon, de ugyanezen körülményeket modellezve *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T élesztőtörzsszel is elvégeztük. Élelmiszer mátrixként zöldség mixet alkalmaztunk.

A vizsgált törzsek

A vizsgálataink alapjául szolgáló *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T számú, illetve *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T számú típus törzseket vákuumzárásos, dupla ampullás, liofilezett preparátum formájában szereztük be a Budapesti Corvinus Egyetem keretein belül működő Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből (MIMNG). A szintén vizsgált *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 törzset az American Type Culture Collection (ATCC) termékeinek magyarországi forgalmazójától szereztük be szintén liofilizált preparátum formájában.

Az előkészítések során a *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T törzset tartalmazó dupla ampullás liofilezett tenyészetéhez fiziológias sóoldatot pipettáztunk, majd a preparátumokhoz kapott protokollban meghatározottak szerint 20 percig rehidratáltuk. Ezt követően Caso levesbe oltottuk, és 24+24 órán keresztül inkubáltuk aerob körülmények között 37±1 °C-on. A levestenyészetből ritkító szélesztést végeztünk szelektív ALOA agarlemezre, majd újabb 24-órás inkubáció következett 37±1 °C-on aerob körülmények között. Az így kapott tenyészetet gram-festést követően morfológiailag ellenőriztük (gram-pozitív rövid pálcika). A hőkezelésekhez minden esetben szelektív ALOA lemezen elszaporított 24 órás tenyészeteket használtunk. A tenyészetek sejtsűrűségét minden esetben Densimat® (BioMerieux) készülék segítségével ellenőriztük és agy-szív influenziás agaron tartottuk fent a kísérlet ideje alatt.

A *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 liofilezett preparátumát megtörve az ampullát a benne lévő tápközegebe rehidratáltuk, majd CASO levesben szaporítottuk 24+24 órán át 37±1 °C-on, aerob körülmények között. A beoltott és zavarosodást mutató táplevesből ritkító szélesztéssel Baird-Parker agarlemezeken felületére szélesztettünk, melyeket az előzőekhez hasonló körülmények között inkubáltunk. A törzset gram festést követő morfológiai vizsgálat után (gram pozitív coccus, tetrádokba rendeződve) TSA ferde tápagon tartottuk fenn a kísérlet ideje alatt. A hőkezelésekhez minden esetben szelektív Bair-Parker agarlemezeken elszaporított 24 órás tenyészeteket használtunk. A tenyészetek sejtsűrűségét minden esetben Densimat® (BioMerieux) készülék segítségével ellenőriztük.

A *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T liofilizátumot 20 percig rehidratáltuk, majd maláta kivonat levesben 48–72 órán át aerob körülmények között 26 °C-on tenyésztettük. A szaporodást mutató csövekből Malátakivonat agarra szélesztettünk, és

az előzőekben ismertetett körülmények között inkubáltuk. Az így kapott tenyészetet morfológiailag ellenőriztük (3.5–6.5 x 4.5–11.5 µm-es ellipszis alakú, nem mozgó, egyesével, vagy rövid láncokat alkotó multipolárisan sarjadzó élesztő), és ez képezte kísérleteink alapját, melyet annak ideje alatt ferde malátakivonat agaron tartottunk fent. A beoltásokhoz minden esetben 48–72 órás tenyészetet alkalmaztunk.

Hőtűrési vizsgálatok élelmiszer-mátrixban

A *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T törzs szelektív ALOA agaron 24 órás aerob körülmények inkubálással felszaporított tiszta tenyészetét 850 cm³ hígítóvízbe oldottuk. Az előzetesen steril körülmények között ledarált, és alaposan összekevert sertés húsból hőálló műanyag tasakokban 100 g-os egységeket képeztünk. A tasakok mindegyikét a *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T 30 cm³-nyi szuszpenziójával oltottuk be. Az így kapott 27 mintaegység közül 13-at a sous-vide technológiának megfelelően 99%-os légritkítás mellett vákuumsomagoltunk, 14-et pedig légköri nyomáson lezártunk (kontroll). A kiindulási sejtszámok tenyésztésének eredményei: légköri nyomáson csomagolt minták esetében 7,9×10⁶ CFU/cm³, vákuumsomagoltak esetében pedig 5,1×10⁶ CFU/cm³. A hőkezelések során adott időpontban kivett mintaegységből lemezöntéses-telepszámlálós módszerrel határoztuk meg a cm³-kénti sejtszámokat.

Staphylococcus aureus ATCC 25923 esetében a sous-vide technológia csírapusztító hatását minél életszerűbben modellezve kísérleteinket szintén befertőzött serteshús modellben is elvégeztük az ide tartozó konyhatechnika paramétereit alkalmazva. Az élelmiszer mátrixban végzett hőkezelések a *Listeria* esetében ismertetett módon zajlottak. Különbőség csupán az előkísérleteink alkalmával tapasztaltak alapján a hőtartási időkből volt. A kiindulási alapanyagot ledaráltuk és elszívófülke alatt hőálló tasakokban 28 db 100 g-os csomagot képeztünk. Mindkét csoportot *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 törzs 30 cm³-nyi levestenyészetével fertőztük be, melyet előzetesen 37±1 °C-on aerob körülmények között 24 órán át inkubáltunk. Homogenizálás után a mintegységek felét 99%-os légritkítás mellett, másik felét légköri nyomáson lecsomagoltam. A kiindulási sejtszámok az előbbinél 2,3×10⁶ CFU/cm³, az utóbbinál pedig 5,2×10⁶ CFU/cm³ volt.

A *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T irodalomban is ismertetetten egyik jellemző előfordulási helye a szaprofita mikrobióta. Az innen származó élelmiszer-mátrixokban való hőpusztulásának modellezésére *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T törzssel befertőzött zöldség mixet (összetevők: fejeskáposzta, sárgarépa, endívia saláta) hőkezeltünk. Ennek során a ledarált és blansírozott (forrásban lévő vízbe mártva) zöldség mixek 100 g-os egységeit előzetesen 26±1 °C-on malátakivonat levesben 48–72 óráig szaporított *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T levestenyészet 30 cm³-ével fertőztük be. A 38 mintaegység felét alapos homogenizálás után a sous-vide technológiának megfelelően 99%-os légritkítás mellett vákuumsomagoltuk. Az elkészített szuszpenziók indulási csíraszámát vákuumsomagolt minták esetében 1,9×10⁶ CFU/cm³, a kontrolloknál pedig 5,1×10⁶ CFU/cm³ volt. A cirkulációs hőtartóban végzett kísérletek az élesztők hőérzékenysége miatt az előzőekben ismertetetteknel alacsonyabb hőfokon és rövidebb ideig történtek.

A pusztulási paraméterek meghatározása

Listeria monocytogenes NCAIM B.01373^T törzs és koaguláz pozitív *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 törzs esetében 55, 60 és 65 °C-on, *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T élesztő esetében pedig 50, 55 és 60 °C-on végzett hőtartásokat

alkalmaztunk. Kontrollként légköri nyomáson lecsomagolt mintákat használtunk. A pusztulási görbéket a hőkezelések során túlélő sejtek száma alapján vettük fel, melyek kimutatására klasszikus tenyésztéses mikrobiológiai módszereket alkalmaztunk. Méréseink alapján meghatároztuk a hőpusztulási paraméterek közül a pusztulási együtthatót (k érték), a tizedelési időt (D -érték), a z -értéket, valamint a hőmérsékleti együtthatót (Q_{10}). A légköri és a vákuum csomagolt minták hőkezelése során logaritmikus transzformációt követően a túlélő sejtek számait regresszióval, szórásaik egyezését F próbával, a normális eloszlású sokságok várható értékeinek egyezését pedig t -próbával hasonlítottuk össze.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Listeria monocytogenes NCAIM B.01373^T hőpusztulása hús mátrixban

A *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T törzs élelmiszer mátrixban (sertéshús) elvégzett hőkezeléseinek mintavételi gyakoriságát a 1–2. ábrák szemléltetik. A modell közegben végzett kezelések alkalmával olyan hőfokot választottunk, amely a sous-vide technológiában általánosan alkalmazott. A mintákból meghatározott élősejt-számok logaritmikus transzformációját elvégeztük és azokat az idő függvényében ábráztuk. A túlélő sejtszám értékek képezték az anyag és módszer fejezetben ismertetett hőpusztulási paraméterek meghatározásának alapját.

1. ábra

A *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T túlélő sejtjeinek száma sertéshúsban hőkezelve

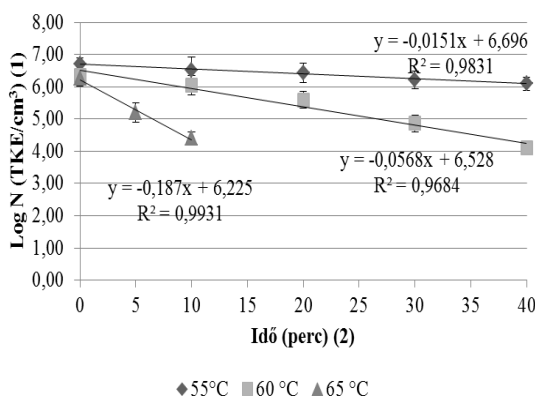


Figure 1. Surviving cells of *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T heat treated in pork meat

$\text{Log } N \text{ (TKE/cm}^3\text{)}$ (Log cell number /CFU-Colony Forming Unit/cm³/), Idő (perc) (Time /min/)

Az általunk vizsgált sertéshús mátrixban 55 °C-on alig több mint fél ($\log 0,6 \text{ CFU/cm}^3$) de 60 °C-on is csupán kevéssel több, mint kettő ($\log 2,25 \text{ CFU/cm}^3$) nagyságrendnyi *Listeria* szám csökkenést értünk el 40 percnyi hőkezelést követően. Egyedül 65 °C-on kaptunk több mint hat ($6,27 \text{ CFU/cm}^3$) nagyságrendnyi redukciót, amely a kezdeti

sejtszámot 10 perc elteltével gyakorlatilag nullára redukálta. A vákuumsomagolás szignifikánsan ($p < 0,05$) gyorsította a *Listeria monocytogenes* hőpusztulását hiszen 55 és 60 °C-on a légköri mintákhoz képest a sejtszám redukcióban több mint kétszeres különbséget kaptunk (log 1,60, illetve log 5,61 CFU/cm³). A növekmény egyedül 65 °C-on nem volt szignifikáns, jöllehet a közel öt nagyságrendnyi (log 4,90 CFU/cm³) csökkenést a magasabb hőfokra történő melegítés következtében elért alacsonyabb kiindulási sejtszám mellett tapasztaltuk.

2. ábra

A *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T túlélő sejtjeinek száma vákuumsomagolt sertéshúsban hőkezelve

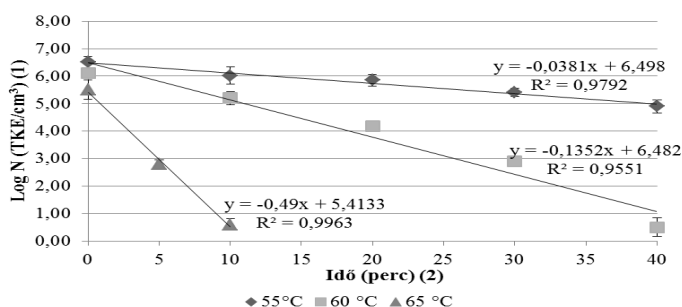


Figure 2. Surviving cells of *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T heat treated in vacuum-packaged pork meat

Log N (TKE/cm³) (Log cell number /CFU-Colony Forming Unit/cm³/), Idő (perc) (Time /min/)

A pusztulási görbe lineáris szakaszára illesztett egyenesek egyenletéből mindkét kezeléssorban meghatároztuk az 1. táblázatban feltüntetett pusztulási paramétereket.

A D-értékek tekintetében eredményeink megegyeznek Anon (2000), Brennan et al. (1990), illetve Heldman és Hartel (1997) eredményeivel, akik hús mártixban 60 °C-on maximálisan D₆₀=16,7 perc értéket határoztak meg. Bolton et al. (2000) viszont darált húst vízfürdőben, vákuumsomagolásban hőkezelve az általunk mért értékeknél alacsonyabb, 55 °C-on 3,2–3,4, 60 °C-on pedig 0,15–0,31 perc tizedelési időket mértek. Murphy et al. (2002) *Listeria innocua*-t csirke húsban hőkezelve 55 °C-on 56,169, míg 60 °C-on 7,362 percnyi D értéket határozott meg, melyek közül az előbbi a légköri nyomáson mért, utóbbi pedig a vákuumsomagolt mintáink eredményeihez hasonló. Gaze et al. (1989) marhahúsban 60 °C-on 8,32 perc tizedelési időt mértek. Az általunk kalkulált z-értékhez hasonlózt közölt Leasor és Foegeding (1988), akik *Listeria monocytogenes* esetében 9,0 °C-os z-értéket számítottak.

1. táblázat

**A *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T sertéshúsban
végzett hőkezelésének eredményei**

(°C) (1)	k (1/min) (2)	D érték (perc) (3)	Q ₁₀ (4)	Z érték (°C) (5)
Légköri nyomáson csomagolt minták (6)				
55	-0,01	66,23	13,32	8,89
60	-0,02	17,61		
65	-0,08	5,35		
Vákuumcsomagolt minták (7)				
55	-0,02	26,25	15,44	8,41
60	-0,06	7,40		
65	-0,21	2,04		

Table 1. Results of *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T heat treated in pork meat

Heat treatment temperature °C/(1), k-value(2), D-value /decimal reduction time/(3), Temperature coefficient (4), z-value(5), Atmospheric pressure packed samples (6), Vacuum-packaged samples(7).

***Staphylococcus aureus* ATCC 25923 hőpusztulása hús mátrixban**

A sous-vide technológiát modellezve kísérleteinket a *Listeria*-hoz hasonló módon mesterségesen befertőzött hús mátrixban is elvégeztük. Ennek eredményeként a túlélő sejtszámok logaritmusait az idő függvényében ábrázolva a pusztulási görbék a 3-4. ábrákon feltüntetett lineáris szakaszait kaptam.

Míg a légköri mintáknál 55 °C-on hőkezelve közel egy nagyságrendnyi a csökkenés (log 0,93 CFU/cm³), addig 60 °C-on hőkezelve a kollagén változása miatt már log 2,47 CFU/cm³ csökkenés jellemzi a *Staphylococcus aureus* 40 perces hőpusztulását hús mátrixban. Vákuumcsomagolás hatására a sejtszám változás 55 °C-on 0,3 tizeddel 1,25 CFU/cm³-re nőtt, míg 60 °C már fél nagyságrendnyi különbséget jelentett az alkalmazott sous-vide technológia (légköri: log 2,47 CFU/cm³, vákuumcsomagolt: log 3,03 CFU/cm³). 65 °C-on a hőpusztulás mindkét vizsgálati sorban 6 nagyságrend körül mozgott a 9. perces minták esetében (légköri: log 6,15 CFU/cm³, vákuumcsomagolt: log 5,54 CFU/cm³). Mindhárom kezelési hőfokon a különbségek szignifikánsak voltak. A telepszámlálások eredményeiből felvett pusztulási görbék alapján számított paramétereket a 2. táblázatban foglaltam össze.

3. ábra

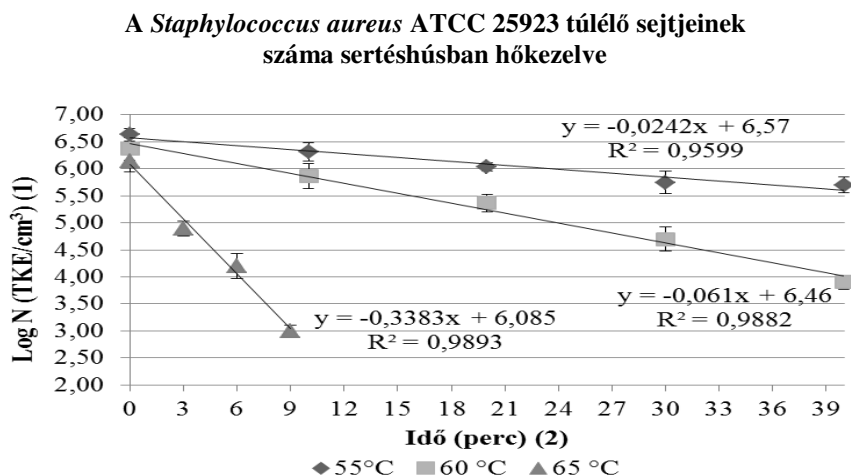


Figure 3. Surviving cells of *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 heat treated in pork meat

Log N (TKE/cm³) (Log cell number /CFU-Colony Forming Unit/cm³/), Idő (perc) (Time /min/)

4. ábra

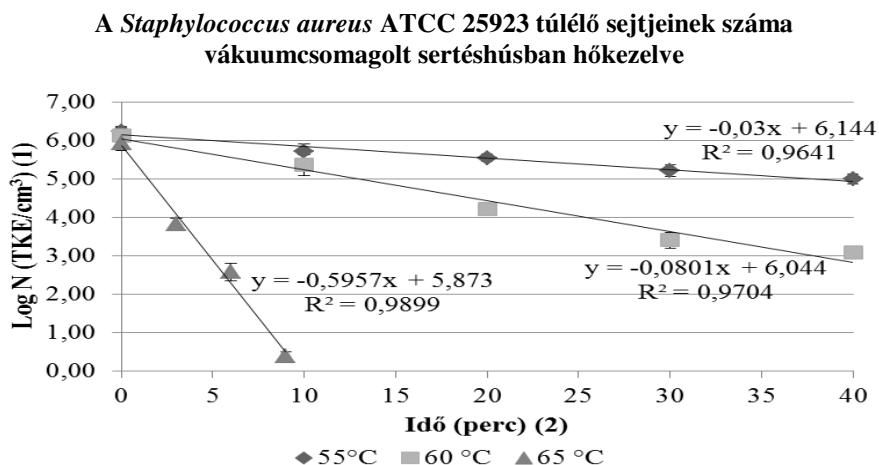


Figure 4. Surviving cells of *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 heat treated in vacuum-packaged pork meat

Log N (TKE/cm³) (Log cell number /CFU-Colony Forming Unit/cm³/), Idő (perc) (Time /min/)

2. táblázat

A *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 sertéshúsban végzett hőkezelésének eredményei

°C (1)	k (l/min) (2)	D érték (perc) (3)	Q ₁₀ (4)	Z érték (°C) (5)
Légköri nyomáson csomagolt minták (6)				
55	-0,01	41,32	15,10	8,48
60	-0,03	16,39		
65	-0,15	2,96		
Vákuumcsomagolt minták (7)				
55	-0,01	33,33	20,77	7,59
60	-0,03	12,48		
65	-0,26	1,68		

Table 2. Results of *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 heat treated in pork meat

Heat treatment temperature /°C/(1), k-value(2), D-value /decimal reduction time/(3), Temperature coefficient (4), z-value(5), Atmospheric pressure packed samples (6), Vacuum-packaged samples(7).

A D-értékek tekintetében Anon (2000), Brennan et al. (1990), illetve Heldman és Hartel (1997) hús mártixban 60 °C-on $D_{60}=6$ perc értéket határoztak meg, amely az általunk mért értéknél gyorsabb hőpusztulást jelent.

***Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T hőpusztulása zöldség mártixban**

Az élesztő élelmiszer mártixban történő hőpusztulásának vizsgálatát az anyag és módszer fejezetben ismertetett módon zöldség mixben végeztük. A mintavételi gyakoriságot és a túlélő sejtek számának logaritmusát az idő függvényében ábrázolva az 5-6. ábrák szemléltetik.

A *Zygosaccharomyces bailii* vegetatív sejteinek hőtűrése itt is gátat szab a modellezés hőfokmaximumának. A vákuumcsomagolás minden vizsgált hőfokon szignifikáns különbségeket eredményezett. 50 °C-on 12 percig zöldség mixben hőkezelve az élesztőt mindkét mintasornál minimális sejtszám csökkenést tapasztaltunk (légköri: log 0,05 CFU/cm³, vákuumcsomagolt: log 0,06 CFU/cm³), de fontos megjegyezni, hogy a kiindulási csíraszámok kismértékű csökkenése a mintaátlagok kis eltérése mellett is már szignifikáns különbségeket eredményez. Ugyan két nagyságrendnyi, de egymáshoz képest minimális különbség figyelhető meg az 55 °C-os hőkezeléseknél (légköri: log 0,23 CFU/cm³, vákuumcsomagolt: log 0,28 CFU/cm³).

A 60°C-os minták esetében 4 perces hőkezelést követően a légköri mintáknál közel kettő (2,03 CFU/cm³), míg vákuumcsomagolásban egy nagyságrenddel nagyobb (3,12 CFU/cm³) sejtszám-redukciót figyelhattunk meg.

A pusztulási görbék lineáris szakasza alapján ebben az esetben is elemeztük a sous-vide technológia hőpusztulásra gyakorolt hatását, amelynek eredményeit a 3. táblázatban foglaltuk össze.

5. ábra

A *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T túlélő sejtjeinek száma zöldség mixben hőkezelve

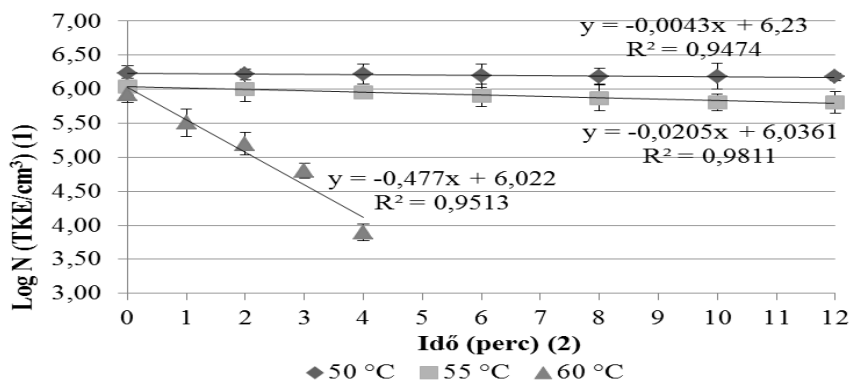


Figure 5. Surviving cells of *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T heat treated in vegetable mix

Log N (TKE/cm³) (Log cell number /CFU-Colony Forming Unit/cm³/), Idő (perc) (Time /min/)

6. ábra

A *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T túlélő sejtjeinek száma zöldség mixben, vákuumsomagolásban hőkezelve

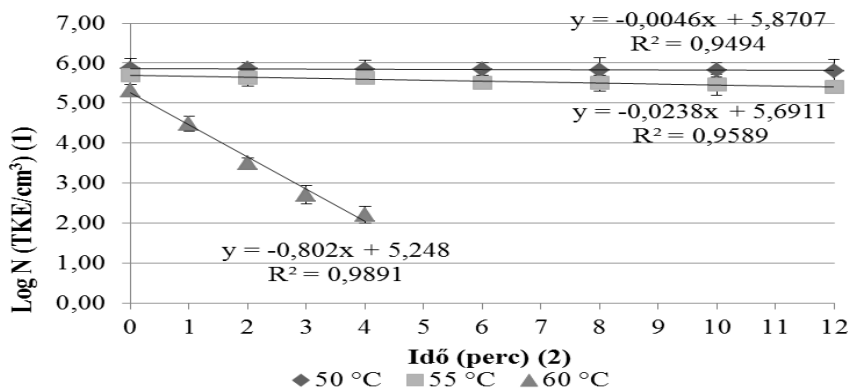


Figure 6. Surviving cells of *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T heat treated in vacuum-packaged vegetable mix

Log N (TKE/cm³) (Log cell number /CFU-Colony Forming Unit/cm³/), Idő (perc) (Time /min/)

3. táblázat

**A *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T zöldség mixben
végzett hőkezelésének eredményei**

(°C) (1)	k (l/min) (2)	D érték (perc) (3)	Q ₁₀ (4)	Z érték (°C) (5)
Légköri nyomáson csomagolt minták (6)				
50	-0,002	233,33	115,14	4,85
55	-0,009	48,70		
60	-0,207	2,10		
Vákuumsomagolt minták (7)				
50	-0,002	215,38	193,24	4,37
55	-0,010	42,11		
60	-0,348	1,25		

Table 3. Results of *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T heat treated in vegetable mix

Heat treatment temperature /°C/(1), k-value(2), D-value /decimal reduction time/(3), Temperature coefficient (4), z-value(5), Atmospheric pressure packed samples (6), Vacuum-packaged samples(7).

A szakirodalom feldolgozása során nem találtunk olyan forrásmunkát, amelyben az általunk is vizsgált *Zygosaccharomyces bailii* élesztőt hasonló technológiát modellezve hőkezelték volna. Az élelmiszer mátrixok közül egyedül Raso *et al.* (1998) végeztek vizsgálatokat a faj gyümölcslevekben történő pusztulására vonatkozóan. Eredményként 60 °C-on pH 4,0 körüli értéken hőkezelve 1,97–4,48 perc D-értéket kaptak, amely megfelel az általunk számított értékeknek.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az egyes termékcsoportok élelmiszer biztonságának kialakítása során arra törekednek, hogy a mátrix természetes mikrobiótájának leg hőellenállóbb és/vagy patogén tagjához igazítva a hőkezelést, a nevezett faj nagy biztonsággal elpusztítható legyen. Mivel a másik oldalon a késztermék organoleptikus tulajdonságainak minél kisebb arányú változása áll, ezért a sous-vide technológiában meg kell találni azon egyensúlyt, amellyel az étel élelmiszer biztonsága alacsony hőmérsékleten hőkezelve biztosítható; mindezt tartósítószer hozzáadása nélkül. A technológia mellett szól az igen jelentős káló veszteség csökkenése; azaz 8–10% a megszokott, tradicionális eljárásnál előforduló 23–34% helyett. Az eljárással készült termékek esetében függően a direkt, indirekt, vagy vegyes főzési technológiától a 3–4 hetestől (Durucz, 2010) a 18 hónapos (URL²) eltarthatóság a cél.

A 6D pusztuláshoz szükséges minimális hőntartási idő

Bigelow (1921) megállapították, hogy a sterilitás csak a minőség számottevő csökkenésével érhető el. Egy bizonyos hőkezelési idő után, adott hőmérsékleten már nagy valószínűséggel állítható, hogy mikrobiológiai romlással nem kell számolni. A mikrobiológiai stabilitás és a termék minőség elfogadható fogyaszthatósági szinten tartáshoz az un. D-elveket alkalmazzuk. Sous-vide esetében a megfelelő tartósság

eléréséhez a sokkolást megelőzően minimum 6D hőpusztítás szükséges. Eredményeinket ezen követelményekhez igazítva a 6D pusztuláshoz szükséges hőntartási időket a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat

A 6D pusztuláshoz szükséges hőntartási idő (perc)

A hőkezelés közege (1)	Hőkezelés hőmérséklete (2) (°C)	Vákuumcsomagolás (3)	Kontroll (4)
<i>Listeria monocytogenes</i> NCAIM B.01373^T			
Élelmiszer mátrix (sertéshús) (5)	55	157,5	397,4
	60	44,4	105,6
	65	12,2	32,1
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923			
Élelmiszer mátrix (sertéshús) (6)	55	200,0	247,9
	60	74,9	98,4
	65	10,01	17,7
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> NCAIM Y.00954^T			
Élelmiszer mátrix (zöldség mix) (7)	50	1292,3	1400,0
	55	292,2	252,6
	60	12,6	7,5

Table 4. The minimum holding times (min) for reduction the initial cell number by six orders of magnitude (6D principle)

The heat treated medium(1), Heat treatment temperature /°C/ (2), Vacuum-packaged samples (3), Control samples(4).

A mintán belüli hőeloszlást ezáltal a mikrobák 6D hőpusztulását a mátrix beltartalma jelentősen befolyásolhatja. *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T törzs esetében nem csak alacsony hőmérsékleten, de a sous-vide technológiában alkalmazott 65 °C-on hőkezelve a vákuumcsomagolás már jelentős mértékben csökkentette a hat nagyságrendnyi pusztuláshoz szükséges időt. Mindhárom hőfokon közel két és félszeres különbség (2,38–2,62) tapasztalható. Ugyanez kevésbé kifejezett a gram-pozitív *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 törzsnél, amelynek sertéshúsban végzett hőkezelése során 55 °C 1,24, 60 °C-on 1,32, míg a hagyományosan alkalmazott 65 °C-on 1,76-szor több hőntartás szükséges a hat nagyságrendnyi sejtpusztuláshoz.

Az egyik legösszetettebb mártixot *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T törzs esetében alkalmaztuk. A zöldség mix magas rosttartalma jelentősen csökkenti a felmelegítés hatékonyságát, ezáltal az élesztő hőpusztulását a kontrollhoz képest kiegyenlíti. Magában a sous-vide technológiában is magasabb hőfokokat (70–80 °C) alkalmaznak a zöldségfélések kezelése során, mint a húsoknál, hiszen előbbieknél a rosttartalom fellazítása, míg utóbbinál a gélesedés elkerülése a cél. A vizsgált hőfokok közül a vákuumcsomagolás mindhárom esetben rövidítette a szükséges hőntartás idejét, de jóval kisebb arányban, mint azt a *Listeria* esetében láttuk. 50 °C-on a valamivel több mint 100 perces különbség is csupán 8 század eltolódást jelentett a vákuumcsomagolás javára, amely arány 60 °C-on is csupán 1,68 századig emelkedett.

Eredményeink alapján elmondható, hogy a sous-vide technológiát modellezve a 6D nagyságrendnyi pusztuláshoz szükséges minimális hőntartási idő *Listeria*

monocytogenes NCAIM B.01373^T esetében 55 °C-on 157,5, 60 °C-on 44,4, míg 65 °C-on 12,2 perc. Ugyanezen céllal *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 törzset hőkezelve a szükséges minimális hőntartási idő 55 °C-on 200,0, 60 °C-on 74,9, míg 65 °C-on 10,7 perc. A *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T törzs esetében az alacsonyabb hőfokokon végzett hőntartások közül az 50 °C 1292,3, az 55 °C 252,6, míg a 60 °C 7,5 perc alatt eredményezi a túlélő élesztősejtek hat nagyságrendnyi pusztulását.

A z-értékek változása a kezelések során

A z-érték elsősorban genetikailag meghatározott faji jellemző, amely a modell közeg és a mátrixban végzett hőkezelések alkalmával számított z-értékek kis eltéréseiben is tetten érhető (1–3. táblázatok). *Listeria monocytogenes* NCAIM B.01373^T esetében hús mátrixban végzett hőkezelések alkalmával közel azonos z-értékeket kaptunk (légköri: 8,89 °C, vákuumsomagolt: 8,41 °C).

Staphylococcus aureus ATCC 25923 hőpusztulását húsban modellezve a kontrollhoz képest a különbség 0,89 °C volt. A vákuumsomagolás az eredeti 8,48 °C-os értéket 7,59 °C-ra csökkentette.

A baktériumokhoz képest csekély hőtűréssel rendelkező *Zygosaccharomyces bailii* NCAIM Y.00954^T élesztőnél a z-érték stagnálása még kifejezettebb volt. Zöldség mátrixban hőkezelve csupán 0,48 °C különbség mutatkozott a vákuumsomagolás javára (4,85 és 4,37 °C).

A meghatározott paraméterek gyakorlati alkalmazása

Az általunk meghatározott hőkezelési paraméterek gyakorlatban történő átültetése során figyelemmel kell lenni azon tényezőkre, amelyek a megfelelő pasztörizáltság elérésére hatással vannak. Ilyen maga a termék összetétele, amely erősen befolyásolja annak pH értékét. A vízáktivítást nemcsak a primer összetétel, hanem az adalékanyagok vízkötő-képessége is befolyásolja. Szerencsére ez utóbbi használata a sous-vide technológiában csupán a fűszerekre korlátozódik. Fontos megemlíteni, hogy a termékek eltarthatóvá tételében nemcsak a mikroorganizmusokat, hanem az enzimeket is inaktiválni kell, mert ha azok tévékenysége fennmarad, a termék hátrányos érzékszervi elváltozáson (pl. avasodás, színváltozás) eshet át, ami romláshoz is vezethet. A hőkezelés mellett egyes esetekben kifejezetten egy adott ízt, színt stb. befolyásoló reakciót akarunk előidézni. A jó minőségű sous-vide termékek előállítása egy sajátos kettősség egyensúlyán múlik: a mikrobiológiai és a technológiai alapelv egyöntetűen a gyors intenzív hőátadást részesíti előnyben. Ezzel szemben a „fékezőerőt” a művelettani alapelv jelenti, amely kimondja, hogy a hőpenetrációt úgy kell szabályozni, hogy az lehetőleg ne a károsodást, hanem a baktériumpusztító hatású melegeledést szolgálja. Az alapelvet a Newton féle lehűlés/felmlegezési törvény és a felület elemre felírt normál irányú Fourier I törvény egyensúlya jelenti, vagyis a felületre bejuttatott hő minél jobban haladhatson befele a termék geometriai középpontja felé. A sous-vide hőkezelések során időegység alatt kevesebb hőmennyiséget juttatunk be a termékbe, tehát a felületről el nem szállított hőmennyiség lecsökken, és így a felületi túlmelegedésből eredő hőkárosodás nem lesz olyan nagymértékű. A felsoroltakat kiegészítve törekedni kell arra, hogy az élelmiszerbiztonsági szabályok betartása mellett a sous-vide alkalmazásához kíváló minőségű, friss és higiénikusan kezelt alapanyagot biztosítsunk.

IRODALOM

- Anon (2000): Kintetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies overarching principles: kinetics and pathogens of concern for all technologies. Center for Food Safety and Applied Nutrition, Us Food and Drug Administration. 1-37.
- Bigelow, W.D. (1921): The logarithmic nature of thermal death time curves. *J. Infectious Dis.*, 29. 528-536.
- Bíró, G. (2014): Élelmiszer higiénia, Agroinform Kiadó, Budapest. pp.1-668.
- Bolton, D.J., McMahon, C.M., Doherty, A.M., Sheridan, J.J., McDowell, D.A., Blair, I.S. and Harrington, D. (2000): Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Yersinia enterocolitica* in minced beef under laboratory conditions and in sous-vide prepared minced and solid beef cooked in a commercial retort. *Journal of Applied Microbiology*, 88. 626-632.
- Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D., Lilley, A.E.V. (1990): Food Engineering Operations 3rd edn, Elsevier Applied Science, London. 337-370.
- Constable, A., Jonas, D., Cockburn, A., Davi, A., Edwards, G., Hepburn, P., Herouet-Guicheney, C., Knowles, M., Moseley, B., Oberdörfer, R., Samuels, F. (2007): History of safe use as applied to the safety assessment of novel foods and foods derived from genetically modified organisms. *Food and Chemical Toxicology*, 45. 2513-2525.
- Durucz, A. (2010): Főzés sous-vide technológiával. *Élelmzés*. p. 47.
- Erickson, JP, McKenna, DN. (1999) : *Zygosaccharomyces*. In: Robinson, RK., Batt, CA., Patel, PD. (Eds.), Encyclopedia of Food Microbiology, vol. 3. Academic Press, London, 2359-2365.
- Gaze, J.E., Brown, G.D., Gaskell, D.E., Banks, J.G. (1989): Heat resistance of *Listeria monocytogenes* in non-dairy menstua. Technical Memorandum No. 523. Campden Food and Drink Research Association, Chipping Campden, Gloucestershire, UK.
- Guerra, M., McLauchin, J., Bernardo, F. A. (2001): *Listeria* in ready-to-eat and unprocessed foods produced in Portugal. *Food Microbiol.*, 18. 423-429.
- Heldman, D.R., Hartel, R.W. (1997): Principles of Food Processing. Chapman and Hall, New York, 13-33.
- Knura, S., Gymnich, S., Rembialkowska, E., Petersen, B. (2006): Agri-food production chain. In: Luning, P.A., Devlieghere, F., Verhé, R. (eds.) Safety in the agri-food chain. Chapter 1, 1966. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. 19-66.
- Leasor, S.B., Foegeding, P.M. (1988): Growth and inactivation of *Listeria monocytogenes* F5069 and Scott A in liquid whole egg. Institute of Food Technologists Annual Meeting, New Orleans. Abstract 168.
- Murphy, R. Y., Duncan, L. K., Berrang, M. E., Marcy, J. A., Wolfe, R. E. (2002): Thermal Inactivation D- and Z-Values of *Salmonella* and *Listeria innocua* in Fully Cooked and Vacuum Packaged Chicken Breast Meat during Postcook Heat Treatment. *Poultry Science*, 81. 1578-1583.
- Raso, J., Calderón, M.L., Góngora, M., Gustavo V. Barbosa-Cánovas, Swanson, B.G. (1998): Inactivation of *Zygosaccharomyces bailii* in fruit juices by heat, high hydrostatic pressure and pulsed electric fields. *Journal of Food Science*. 63. 1042-1044.
- Rodler, I. (2007): Élelmzés-higiéné. Medicina Könykiadó Rt. Budapest. 1-370.
- Szeitzné Szabó, M. (szerk.) (2008): Élelmiszer-biztonsági helyzetelemzés és kockázatértékelés. Agroinform Kiadó, Budapest. 1-238.

WHO (2007): Food safety and foodborne illnesses, Fact sheet N°237, Reviewed March. 1-4.

URL¹: http://culinartist.blog.hu/2008/03/07/mi_az_a_sous_vide

URL²: <http://www.wiselady.hu/2009/03/sous-vide-hosszu-fozes-vakuum-alatt.html>

Levelezési cím (*corresponding author*):

Szücs Petra

Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Élelmiszertudományi Intézet

*University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences
Institute of Food Science*

H-9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony u. 15-17.

Tel.: +36 30 514 22 44 Fax.: +36 96 566 653

e-mail: petraszucs@gmail.com